

# BARLANGKUTATÁS.

V. KÖTET.

1917.

3-4. FÜZET.

## Barlang-tanulmányok.

(14 szövegközti képpel.)

Írta: CHOLNOKY JENŐ dr.

Sok barlangot átkutattam már, hatalmas irodalma is van a barlangoknak s még most sincs a barlangok kérdése kellőképpen megvilágítva, különösen a barlangok ciklusának problémája még mindig meglehetősen ismeretlen.

Különösen saját tanulmányaim alapján szeretném itt mindazt összefoglalni, amit a barlangokról általában sikerült megtudnunk s megpróbálom a barlangokat belehelyezni az egyetemes hidrografiába. Annál inkább szükség van erre, mert újabb időben öröndetesen szaporodtak nálunk a barlangkutatások s a kutatóknak sokszor van szüksége mesterszavakra, a barlang történetére, fejlődésének stádiumára vonatkozó támasztó pontokra s bizonyos jelenségek magyarázatára.

### I. A barlangok fejlődése.

Közönséges, normális barlangot nézzünk meg, amelyben patak folyik. Hosszas üreg ez, fenekén patak folyik, fedő boltozata rendetlen, itt-ott magas, másutt alacsonyabb. Sok helyen olyan alacsony, hogy alig tudunk elbujni alatta, sőt talán a boltozat a patakig ér s a víz valami alsó üregből latszik fölfelé törni. Másutt meg a barlang boltozata olyan rettentő magas, hogy lámpásunk fénye nem képes megvilágítani.

Az egyenetlen boltozattal szemben a barlang fenéke elég egyenletesen lejt. Itt-ott hatalmas darabok hullottak le a mennyezetről, a patak a szoba-nagyságú kőtömbök közt elbuvik, az út pedig a torlasz tetejére kénytelen felmászni.

A torlaszt néhol nehéz felismerni, mert vastagon belepte a travertino. Ugyanilyen travertino-képződményeket, cseppkövekkel tarkázva, a barlang oldalán és boltozatán is látunk.

Kétségtelen, hogy nem marad a barlang olyan, mint amilyennek ma látjuk. Föltétlenül változik, mert hisz az a kép, amit most mutat, az fejlődésének csak egy stádiuma, ha pedig a barlang fejlődése ciklikus,

akkor fejlődésének csak egy fázisa. Kérdés már most, hogy miféle változások következnek, ha egyébként a külső körülmények változatlanok.

Tegyük föl, hogy a barlang valami nyílt völgybe torkollik. Ha ez a völgy változtatja alakját, az minden esetre a barlangra is vissza fog hatni, de most ezt egyelőre tekintsük változatlannak. Ha a mészkő-hegység felszínén is változás történik, pl. növényzet lepi el, vagy a hegység erősen lepusztul: akkor is megváltoznak a barlang külső körülményei. De tegyük most föl, hogy egyelőre ezek is változatlanok. Végül az évi csapadék-mennyiség és a csapadék évi periódusa, meg az évi közepes hőmérséklet s a hőmérséklet járása is változatlan legyen, mert ezek mind lényegesen átalakítanák a barlang hidrológiáját.

A vizsgálat alá vett barlangszakaszt talán össze lehetne hasonlítani nyílt völgygel, hisz mindkettő a víz levezetésére szolgál. A kettő csakugyan hasonlít egymáshoz, de lényeges különbségek vannak.

A barlang-patak sziklamedrében éppen úgy, éppen olyan mechanikai törvények közt folyik a víz, mint a nyílt völgyekben, valami sziklás patakmederben. A változásokat illetőleg itt is a legfontosabb tényező a patak esése a sziklameder pusztíthatóságához képest. Lehet a patak *felső-szakasz jellegű*, tehát olyan nagy esésű, hogy medrét mélyíti, partjait pusztítja, nemcsak az odahozott törmelékot képes tovább vinni, hanem ujat is tud felszedni s a törmelék legfeljebb csak ideiglenesen, kis víz idején tud megpihenni. Lehet a patak *közép-szakasz jellegű*, tehát olyan, hogy általában azt a törmelékot, vagy hordalékot, amit odahozott, azt még tovább is tudja hurcolni, de ujat már nem szedhet föl. Medrét nem mélyíti többé általánosságban, közép víz-színe állandóan ugyanabban az abszolútus magasságban marad. Lehet, hogy a nagy árvízzel odahozott törmelék évekig pihen, de valami újabb nagy árvíz megint csak tovább viszi, tehát az esés és a patak nivója állandónak mondható. Lehet végül olyan kicsiny a patak esése, hogy *alsó-szakasz jellegűvé* változik, tehát az odahurcolt törmelékot már nem bírja mind tovább vinni, hanem egy részét legalább állandóan lerakja s a lerakódás úgy a mederben, mint az ártéren évről-évre fokozódik, halmozódik, a patak középvíz-színének abszolútus magassága folytonosan emelkedik.

Ugyanilyen stadiumban vagy fázisban lehet a barlangi patak is. Ha felsőszakasz jellegű, akkor sziklamedrét folyton mélyíti, hatalmas ki-mosásokat kell a friss sziklafelszínen látni. Törmelékot, kavicsot és görgetegeket csak itt-ott, elvétve láthatunk egy-egy horhóban, vagy a patakba hullott sziklatömb árnyékában meghúzódni. Az a lehullott sziklatömb nem a patak hordalékához tartozik. Ezt majd később a nyílt völgyek hegyomlásaihoz fogjuk hasonlítani.

Ez a felsőszakasz jelleg a barlangi patakon könnyen felismerhető.

S ha felismertük, akkor tudnunk kell, hogy a barlang folyton mélyebb és mélyebb lesz, fenekének abszolútus magassága állandóan süllyed. Hogy egyúttal a barlang tágasabb lesz-e, azt nem tudjuk, arról még bővebben beszélnünk kell, ha a tüneteményeket jobban megismertük.

Ha a barlang-patak középszakasz jellegű,<sup>1)</sup> akkor több törmelékét látunk a medrében s a medre mellett, a kiszélesedett barlangfenéken. Tudnunk kell, hogy a középszakasz jellegű folyók nem mélyítik völgyüket, hanem csak szélesítik, amint ide-oda kanyarognak, helyüket változtatják benne. A középszakasz jellegű barlangi patak is szélesíti völgyét, tehát a barlangnak alsó, homorú felét. A szélesített barlangfenéken olyan vastag törmeléklerakodást látunk, mint amilyen mély a patak középvíz-medre. A patak mederfenekén mindenfelé előbukkanik a szálban álló, kemény szikla. Ez azt mondhatnám, biztos ismertető jele a középszakasz jellegnek.

Ha a barlang-patak alsószakasz jellegű, akkor a barlangfenekét többé-kevésbé vastagon törmelék fedi. A patak ágya is fenékig a saját hordalékába van belevágva. Nagy kőtömbök tűnnek el a sok kavics, homok és iszap, meg a sok travertino között. A barlang fenéke sáros, a patak medre bizonytalan, a cseppkövek hatalmas kifejlődésűek.

Kérdés már most, hogy a patak jellegének megfelelő változások minő változásokat okoznak magában a barlangban? Maga az üreg milyen változásokon megy keresztül, ha egyébként más körülmények nem változnak.

A felsőszakasz jellegű barlang-patak mélyíti a medrét, lassankint járhatatlan, szűk hasadéokban folyik. Ez a hasadék hasonlít a nyílt völgyek szurdokaihoz, a német „Klamm“ vagy „Schlucht“-hoz. A kemény mészkő-szikla igen meredek lejtővel, majdnem egészen függőlegesen, rövid ideig túlhajlóan is megáll, azért a patak gyors bevágódása esetén keletkezhettek ilyen nyílt szurdokok. Ugyanilyen lehet a barlangok közt is, de az ilyen helyet az út kénytelen kikerülni valami sziklapárkányon. A barlang tehát keskeny hasadék módjára mélyül, de egyéb változást nem igen veszünk rajta észre. Megjegyzem, hogy az ilyen jelleg nagyon ritka lehet, később megértendő okoknál fogva.

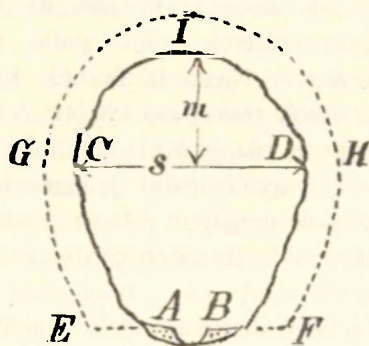
A középszakasz jellegű barlang-patak szélesíti a barlang fenekét. Ennek pedig különös következménye van. A barlang boltozata ugyanis csak bizonyos boltozatmagassággal állhat meg, különben beomlik. 1. áb-

<sup>1)</sup> Meg kell lényegesen különböztetnünk a barlangpatak jellegét a barlang jellegétől. Lehet valamely barlangban a patak maga felsőszakasz-jellegű, de talán a barlangra magára nem lehet ugyanezt mondani. Később majd, amikor a külső körülményeket is megismertük, meg fogjuk ezt érteni.



ránkon legyen a vastag vonallal körülkerített rész a barlang eredeti keresztmetszete, s nevezzük ezt egyelőre normális keresztmetszetnek. Ez a keresztmetszet tudniillik normális viszonyok közt nagyon stabilis. A CD vonal alatt levő rész egészen olyan, mint a nyílt völgy. Lejtői normálisak, a mészkő kohéziójának megfelelőek, szimmetrikusak, a pataknak van rendes középvízmedre és árvízmedre. A rendes völgyet azonban a barlangban boltozat fedi be. A boltozat magassága ( $m$ ) és feszítő-távolsága, vagy szélessége ( $s$ ) úgy aránylik egymáshoz, ahogy a mészkő kohéziója és összetartóssága megkívánja. Mindaz leomlott már, aminek le kellett omlania, a meglevő boltozat olyan szilárd, hogy már nincs ok több résznek a leomlására. Ezért mondanám, hogy ez a keresztmetszet *normális* legyen.

A barlang fenekét szélesbitő patak ezt az egyensúlyi formát azonban



1. ábra. Középszakasz-jellegű barlangpatak munkája normális barlangüregben.

megháborgatja. A barlang talpát EF-re szélesíti ki. A barlangvölgy új oldallejtője EC és FD azonban így sokáig meg nem állhat, mert túl meredek. Le kell omladoznia annyira, hogy megint olyan lankás legyen, mint eredetileg, tehát EG és FH vonalakig. De akkor a boltozat szélessége CD-ről GH-ra növekedik. A boltozatban ilyenkor túl nagy feszültségek támadnak, amelyeknek a kő nem tud ellentállni, tehát nagy darabok le fognak omlani, hogy megint helyre álljon az egyensúlyi alak s a boltozat a GIH alakot vegye fel, amikor magassága és szélessége közt megint ugyanaz a viszony lesz, mint eredetileg.

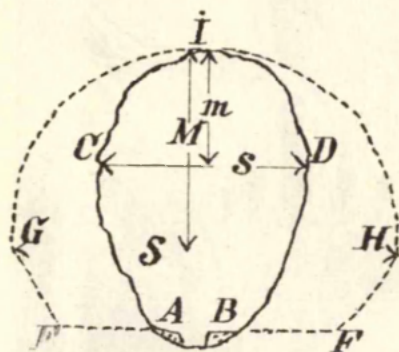
A középszakasz jellegű barlang-patak tehát nemcsak a barlang-fenekét szélesíti, hanem az egész üreget tágitja. Levezetésünk természetesen csak akkor érvényes, ha a barlang CD vállvonala kényszerítve van állandóan ugyanabban a magasságban maradni. Ha a vállvonal alább szállhat, akkor esetleg a 2. ábrán látható módon változik a barlang



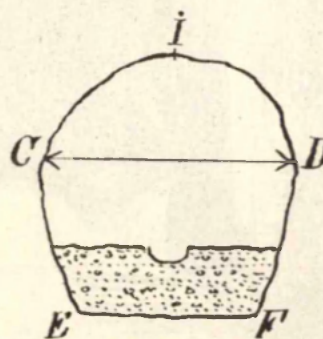
keresztmetszete. A  $GIH$  ív  $S$  szélessége és  $M$  magassága éppen úgy viszonylanak, mint az eredeti boltozatban  $s$  és  $m$ .

Ez a *szélesbített barlang keresztmetszet* elég gyakori. A St. Kanziani barlang hatalmas üregei leginkább ilyenek. A széles barlangfenéken mindentütt előbukkanik a vékony törmelék alól a szálban álló szikla, a vállvonalak aránylag magasan vannak, a boltozat sok helyen csodálatosan szabályos.

Ezt a keresztmetszetet könnyű megkülönböztetni a *feltöltött barlang keresztmetszettől*. Ilyen feltöltött barlangkeresztmetszetnek szintén széles fenéke van, de a fenéken vastag törmelékfeltöltés fekszik. Az alsószakasz jellegű barlang-patak készítette. A barlang-patak csak fokozatosan megy át felsőszakasz jellegűből alsószakasz jellegűbe, azért a széles törmelék



2. ábra. Középszakasz-jellegű barlang-patak erősen szélesítő munkája normális barlang-üregben.

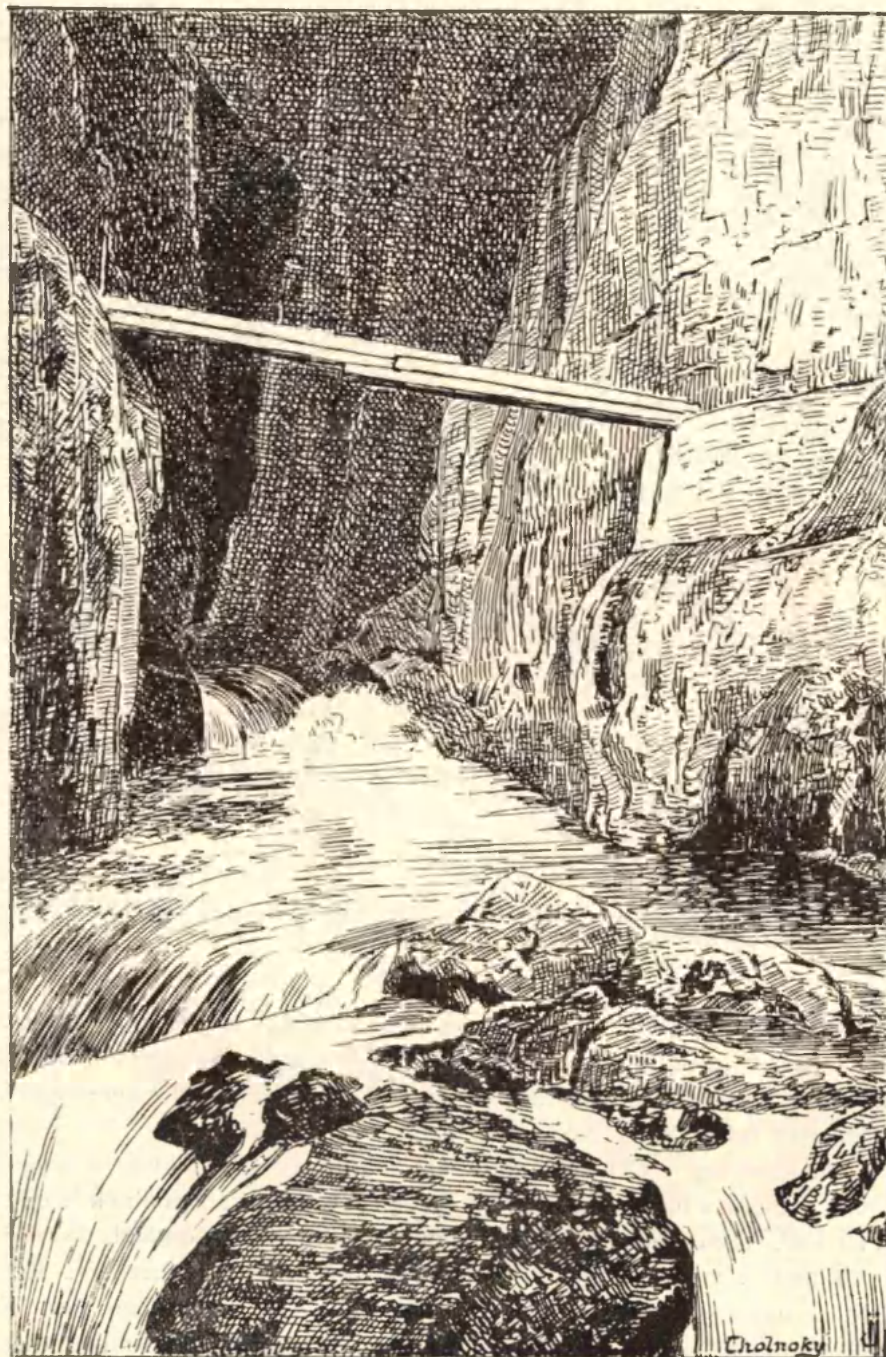


3. ábra. Alsószakasz-jellegű barlang-patak feltöltése szélesbített barlang-üregben.

alatt mélyen elrejtve széles vízszintes sziklafeneket találunk, a barlang-patak középszakasz jellegű korából. A 3. ábra mutatja az ilyen barlangnak keresztmetszetét abban az esetben, ha a  $CD$  vállvonal magasságában változásnak nem kellett bekövetkeznie.

Ha azonban a  $CD$  vállvonal nem maradhat ugyanabban a magasságban, hanem a barlang fenekének emelkedésével a vállvonalnak is emelkednie kell, akkor természetesen megint a boltozat fog omlani.

Ennek a vállvonalnak a jelentőségét kell még értelmeznem. Ez a vállvonal ugyanis a barlangi normális árvizek felső szintjében van. Kivételesen magas árvizek ennél magasabbra is hághatnak, sőt megtölthetik az egész üreget is; alacsonyabb árvizek ez alatt a vonal alatt maradhatnak, de a normális, rendszeren hóolvadásból származó árvizek eddig érnek fel. A St. Kanziani barlangban ez a vállvonal a nagy folyosóban

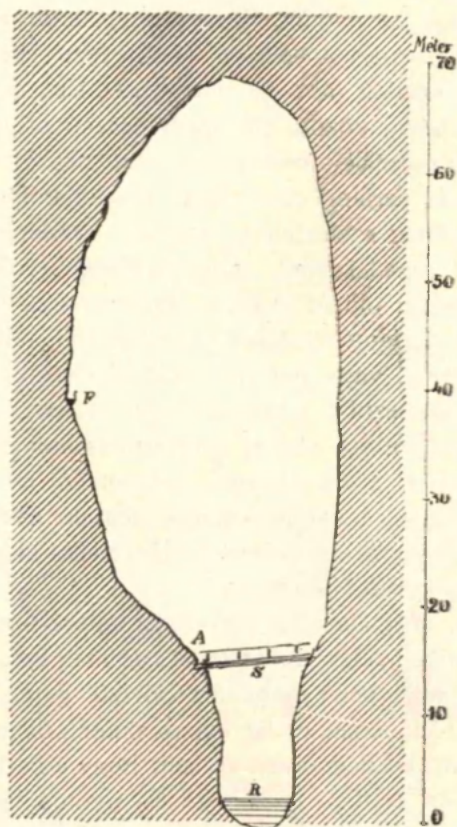


4. ábra. A St. Kanziani-barlang erősen mélyített ürege a Swida-hidnál. Előtérben a VII., háttérben a VI. vizesés. A barlangüregnek csakis legalsó része látszik a képen, amint az 5. ábrával való összehasonlítás mutatja.



mintegy 20—30 m magasan van, a boltozat záróvonala 60 néha 80 m magasságban! S csakugyan, a rendes árvizek ilyen magasan szokták megtölteni a barlangot, képzelhető, hogy micsoda víztömeg megy le rajta!

Ha a barlang szélesedik, akkor természetesen az árvíz színe fokozatosan alászáll, mert kisebb vízmagassággal is át tud ugyanannyi víz folyni. Ekkor tehát a vállvonal alászállása könnyen érthető. De feltöltődő



5. ábra. A St. Kanziani-barlang hozzátétőleges keresztmetszete a Swida-híd táján.  
A az alsó út, F a felső út, S Swida-híd, R a Reka középvíz-színe.

barlangokban, ha a vállmagasság nem elegendő, akkor a boltozatot kezdi az árvíz megtámadni. Ennek pedig a boltozat omladozása lesz a következménye, mindaddig, amíg a vállmagasság megint a kellő lesz.

Természetesen mindezek igen lassú folyamatok. A kemény sziklában sokkal lassabban megy a folyó medrének változása, mint a laza anyagú völgyekben, rendes folyómedrekben. Annyira lassan mennek ezek a változások, hogy rendszeren a külső körülmények gyorsabban változnak s ezeket a fejlődéseket fennakasztják.

A St. Kanziani barlang nagyszerű példái közül itt csak a 4. ábrát mutatom be. A barlang úgynevezett Müller-dómja felől nézünk fölfelé, az előtérben van a hetedik, a középtérben a hatodik vízesés. A kettő között vezet át a merész Swida-híd. A barlangnak körülbelül méret-helyes keresztmetszetét a Swida-híd táján az 5. ábra mutatja.

Kétségtelen, hogy a barlangnak ez a része a patak nagy esése miatt mélyül, a patak bevágódik. Hosszabb pihenő stádium után kellett ennek bekövetkeznie, mert a barlang felső része szélesített barlangra vall, de aztán újra kezdett a folyó mélyíteni. Ez az erős bevágódás a barlang hátulsó kulisszái között különösen élesen szemünkbe tűnik.

A szabályos, normális keresztmetszetet nem könnyű feltalálni a természetben. A Révi barlang első, nagy folyosója típusa lehet ennek, a kissé feltöltött, de főleg szélesített, normális barlangkeresztmetszetnek. Rendesen a kőzet repedéseinek nem függőleges volta, a kőzetrétegek egyenetlen keménysége, oldhatósága és állékonysága bonyolulttá teszik a keresztmetszetet. A barlang rendesen ott képződik, ahol a kőzetben különben is valami zavar, vagy rés van, ezért rendesen a barlangok mentén nagyon zavarosan fekszenek a rétegek, de persze nem kivétel nélkül. A 6. ábrában összeállítottam néhány keresztmetszetet úgy, hogy a keresztmetszet alakja mindjárt a kőzetrétegek helyzetéből és minőségéből értelmezhető legyen. Sajnos, a barlangkutatók nagyon ritkán foglalkoznak a barlangok keresztmetszetével, a rétegek helyzetéből meg rendesen a mészkérgezés miatt édes-keveset lehet látni.

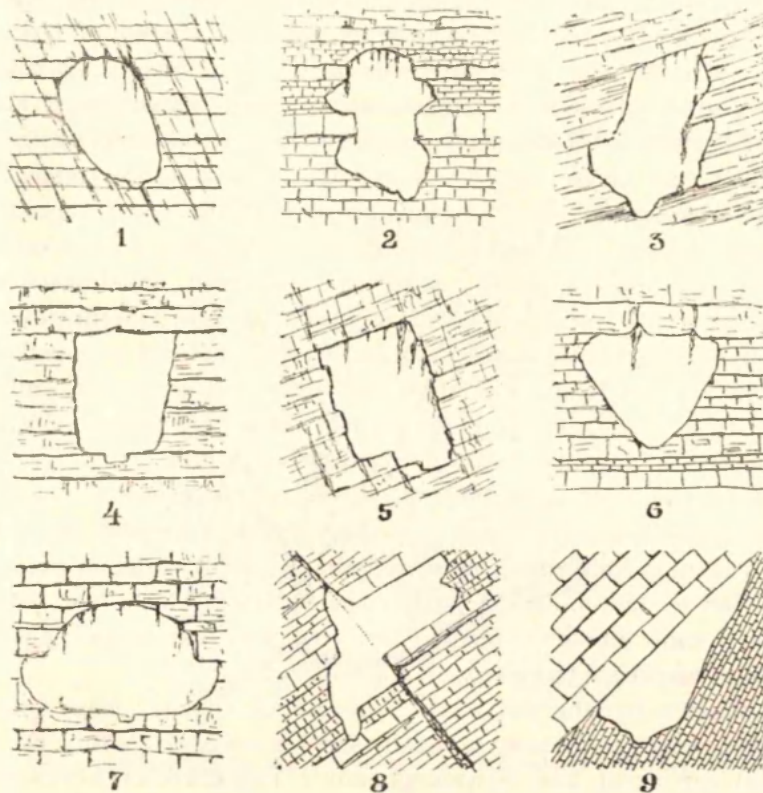
A változások tárgyalásából egyelőre teljesen kihagytam a mészkérgezés, a cseppkőképződés tüneményét, de meg kell jegyeznünk, hogy olyan barlangban, amelyben állandóan bővizű patak mozog, aránylag kevés a cseppkő. Különösen pedig kevés akkor, ha a barlang-pataknak nagy árvizei vannak, esetleg olyan árvizei, hogy a barlang-üreget teljesen kitölthetik. Ebben az esetben igazán kevés nyoma van, rendesen csak a boltozaton, némi cseppkőképződésnek vagy kérgezésnek.

Ha a külső körülmények nem változnak, akkor a barlang egyes szakaszai fokozatosan közeledni fognak az alsószakasz jelleghez. A felsőszakaszból lassan középszakasz, a középszakaszból az alsószakasz felfelé terjedése következtében lassankint szintén alsószakasz lesz. A barlang fenekén tehát mind több a lerakódás, feneke folyton szélesebb lesz s lassankint alig változik már valami. A barlang-patak esése elérheti az egyensúly stádiumát s azt hinnők, ezzel a barlangfejlődés ciklusa be van fejezve. Most már állandó marad ez kiszámíthatatlan időig.

Szó sincs róla! A barlang be van boltozva, a boltozaton és oldal falakon keresztül nagy esésű mellékvizek jutnak a barlanghoz. Ezek teljesen juvenilis stádiumban vannak, ezeknek kérlelhetetlen munkája



folyik tovább. A réseken és repedéseken a barlangba szivárgó, vagy csorgó vizet a barlang-patak mellékpatakjainak kell tekintenünk, még pedig a felszíni vízfolyásokkal összehasonlítva, időszakos vízmosásoknak, nem állandó vízomlásoknak, vagy muhréknak. A barlangba torkoló mellék-



6. ábra. Barlangüregek keresztmetszete, különféle rétegszerkezet esetén. 1. Normális metszet ferde repedezettség esetén. 2. Különböző oldhatóságú és keménységű, vízszintes rétegek közt. 3. Különböző oldhatóságú és keménységű ferde rétegek közt. 4. Egyenletes ellenállású, nagyon szilárd vízszintes rétegek közt. 5. Ugyanilyen ferde rétegek közt. 6. Nagyon szilárd réteg alatt, normális pusztíthatóságú rétegek közt. 7. Szélesbített keresztmetszet szilárd rétegek közt, ha köztük egy réteg különösen szilárd. 8. Ferde, különböző ellenállású rétegek közt, vetődés mentén. 9. Két különböző keménységű rétegesomó diszkordans érintkező felülete mentén keletkezett barlangüreg.

barlangok patakjai hasonlítanak az állandó vízű, felszíni mellékpatakokhoz. Ezeknek lehet közösleges törmeléke, de a falakon, menyezeten betóduló viznek a hordaléka egészen más természetű. Ezeknek a vizeknek hordaléka majdnem kizárólag oldat, mészkő-oldat, amely a viznek a barlangba való bejutásakor kicsapódik belőle. A cseppköveket, mészkérge-

zéseket tehát a mellékpatakok *törmelékkúpjához* hasonlíthatjuk! Amint a víz bejut a barlangba, ott elveszti hordókéességét, akár azért, mert szénsavtartalma megfogy, akár azért, mert nyomása csökkenik: az most mindegy, de tényleg elveszti a magával hordott anyagot s lerakja a barlangban. Nem fontos, hogy sztalaktitot, sztalagmitot, vagy egyebet készít-e belőle. A fő az, hogy valóban hordalékától szabadult meg.

Ha pedig ezek a mellékvizek hordalékot juttatnak a barlangnak, akkor dolgoznak. A barlang boltozatának anyagát fogyasztják, a kőzetet ott fenn fellazítják. A felszínen berogvások (dolinák) keletkeznek. Ezek eleinte talán nem olyan nagy méretűek, hogy a barlang boltozatáig lehát-nának, de mindig nagyobb és nagyobb a barlang fölött a pusztulás, végre egyes dolinák belerogynak a barlangba. Egy ideig a beomlott óriási kőtörmelék útját állja a víznek, de a víz megduzzad, hatalmasan megsokszorozott erővel támadja meg az omladékat. Végre sikerül elhordania s akkor a barlang mennyezetén tátongó rés van, behatol a napvilág.

Gyönyörű két ilyen kitakarított berogvás van a St. Kanziani barlangon<sup>1)</sup>, de a Szamos-Bazár barlangjaiban talán még jellemzőbb, mert kisebb méretű, könnyebben áttekinthető eseteket látunk.

A berogvás mind gyakoribb, a boltozat mind kevesebb, végre egy-egy természetes híd marad csak s a völgy egészen kinyílik. Ha a külső körülmények nem változnak, akkor a barlang helyét elfoglaló völgy sem marad ehben a stádiumban. Fokozatosan szélesebb lesz, oldalai ellankásodnak, s csak amikor a húzódo törmelék is teljesen megáll, akkor ért a fejlődés a végső stádiumához, a *senilitáshoz*.

Ez tehát a barlang zavartalan fejlődésének ciklusa! Nagy esésűből kis esésűvé, végre nyílt völgyé, aztán szenilis völgyé alakul. Ez teljes ellentétben van azzal, amit SAWICKI gondolt<sup>2)</sup>, meglehetősen kevés tapasztalat és helytelen következtetések alapján.

A zavartalanul fejlődő barlang hidrográfiai hálózatahoz tartozik a fölötte és mellette levő egész hegytömeg, ha abból a víz a barlangba szivárog vagy csurog. Meg kell különböztetnünk a kettőt egymástól. Szivárgásnak nevezzük a víznek oly szűk hézagokon való áramlását, hogy ezeket a szűk hézagokat a tapadás és hajcsövesség törvényei szerint teljesen megtöltve tartja, tehát lefelé is csak addig mozoghat, amíg túlnyomása van, t. i. amíg a hidrosztatikai nyomás nagyobb, mint a kapilláris emelés. Ezzel szemben csorgásnak a bővebb réseken való

<sup>1)</sup> A St. Kanziani-barlang közelében levő, hasonló, hatalmas berogvások arról tanuskodnak, hogy a földalatti folyót ilyen berogvások többször kitértették útjából.

<sup>2)</sup> Dr. L. v. SAWICKI: Beiträge zum geographischen Zyklus im Karste. (Geogr. Zeitschr. XV. Jhrg., 1909. 186—281. lap.)



mozgást nevezzük, tehát amikor már a tapadás teljesen elenyésző ellenállást jelent a víz nagy súlyához képest.

A víz lefelé való áramlásának következményeiről részletesebben írtam Előzetes jelentésemben<sup>1)</sup>, itt csak néhány részt kell felemlítenem. A tények azt tanúsítják, hogy a víz oldással valóban széles réseket tágit a mészkő repedései közt. Ha a felszínen valami véletlen kis mélyedés több esővíz összefutására szolgáltat alkalmat, akkor az ott éppen jelenlevő, vertikális repedés a többinél több vizet nyel el, gyorsabban tágul s a vertikális, csőszerű vízfolyás lecsapolja a szomszédos mészkőrétegek repedéseiben.



7. ábra. Térbeli hidrográfia keletkezése karsztosodásra alkalmas közetben.

nagy surlódással és tapadással, lassan leszivárgó vizet. A fő, levezető-résen át lecsurgó víz körül tehát élénkebb mozgás támad, mind tágabbak lesznek a vertikális és horizontális rések, míg nem azt mondhatnók, térbeli hidrográfiai rendszer keletkezik, konzekvens főfolyással és szubszekvens mellék folyásokkal (7. ábra).

A szubszekvens kis csorgók nemsokára tetemesen kibővítik réseiket s a kőzet állékonysága kezd meggyengülni. Nagy eső után akkora bővülés keletkezhetik, hogy a sok réssel összeszabdalt kőzet megrogyik. A felszínen kis mélyedés támad, az oldalrések részben eltömődnek, de a rideg mészkőben teljesen nem. Idők multán a kis rogyások mind jobban

<sup>1)</sup> Előzetes jelentés karszt-tanulmányaimról. (Földrajzi Közlemények, 1916. XLIV. kötet, 8. füzet.)

bemélyítik a felszint s előáll a *dolina* (8. ábra). Az így keletkezett dolinát *közönséges* vagy *rogyott dolinának* lehet nevezni. Ez a legáltalánosabb típus.

A dolinák ilyen eredete eddigi tanulmányaim szerint is már bebizonyítottnak tekinthető. Közel van hozzá Cvijic felfogása is<sup>1)</sup>, mert ő azt hiszi, hogy a dolinákban a kimosás csak a dolinában levő törmelék alatt készít tágas üreget s csak a törmelék rogyik meg. Jó képet is közöl frissen rogyott dolináról. Ez a felfogás azonban nem állja meg a helyét, mert akkor a dolinának mindig tölcseralakúnak kellene lennie s a dolina



8. ábra. Közönséges, vagy rogyott dolina metszete. A--B földalatti vízfolyás, C Kezdődő „laven”, a dolina fő lecsapoló rése, FG dolinaperem, régibb berogyás, DE frissebb berogyás.

mélyedésének nem szabadna éles peremmel csatlakozni az eredeti felszínhez. Hogy a dolina egyszerű, felszíni erózióval kimosott tölcser legyen, az ellen tiltakozik a dolina egész alakja. Ebben az esetben a dolina mélyedését minden oldalról domború lejtőknek kellene határolnia s látszani kellene a felszínen sok, a dolina felé irányuló, kicsi vízfolyásnak! A dolina ebben az esetben felszíni erózió-jelenség volna, holott a Karsztban éppen a felszíni erózió hiányzik. Nem a felszínen fut össze a víz a dolina vízlevezető részébe, hanem a dolina alatt, a sziklák belsejében! Nem a felszínen működik az erózió, ilyennek a dolina oldalain nyoma

<sup>1)</sup> Dr. J. CVIJIC: Das Karstphänomen. (Penck-féle Geographische Abhandlungen, V. Band, 3. Heft, 36. oldal.)



sincs, hanem a mélyben, az ezernyi ezer apró hasadékban, résben, amelyeknek kitágulása után történik a rogyás!')

A Főth fölött emelkedő Somlyóhegy tetején kemény, meszes homokkő van s ez meredeken emelkedik föl a lankás lejtők fölé. A komplikált rétegzésű kőzetből a meszesebb részeket kioldotta a víz s a keményebb, homokkőves részletek oszlopokkal alátámasztott, apró barlangokat zárnak körül, de sokszor több négyszögletes s 5–10 cm magas kis oszlopokkal alátámasztott menyezetű barlangokat lehet látni. De látni azt is, hogy több ilyen már berogyott s zavarosan fekszenek a rétegek. Szép példája ez annak, ami a dolina alatt, a hegy mélyében folyik.

De még történik ott más valami is. A 8. ábrán C betű jelöli azt a helyet, ahol a dolinában elnyelt víz a barlangba becsurog. Itt van a víznek leggyorsabb mozgása, esős időben bőven csurog itt a víz, tehát nem épít cseppkővet, mert cseppkővet csak szivárgó víz épít, hanem ellenkezőleg, állandóan kimos és tágitja a nyílást. A nyílás kitágulásával pedig a repedezett mészkőnek boltozaton függő valamelyik darabja könnyen meglazulhat s nagyobb vízmozgás esetén ki is hullhat, tehát C helyen a menyezetben lyuk támad. A víz munkájával ez a lyuk mind nagyobb, tágasabb és magasabb lesz, mint valami kémény nyújtózkodik mindig feljebb és feljebb. A *hátráló eróziónak speciális példája* ez! A hátráló erózió munkáját nagyon elősegíti az, hogy a meglazult darabok könnyen lehuillanak.

Ha egyszer aztán ez a fölfelé hátráló erózió eléri a közetrétegeknek azt a részét, amely a dolinaképződés következtében már megrogyott, akkor a beszakadozás még gyorsabban megy s egyszerre átszakad a dolina s dolina helyett kürtő, a francia „aven” lesz belőle.

Kétségtelen bizonyítékait látjuk az ilyen módon való „aven” keletkezésnek a kürtők morfológiájában. Különösen MARTEL<sup>2)</sup> irt le sok ilyen s rajzai, ecsetelései a fejlődésnek ezt a módját fényesen igazolják, habár ő maga nem is mondta ki, hogy ez a fejlődés módja. Cviuic az „aven”-okat tisztán kioldás következtében egészen kimosott dolináknak tartja.

Ez már csak azért is lehetetlen, mert temérdek fejlődésben levő „aven”-t ismerünk a francia karsztos felvidékről, t. i. olyan „aven”-t amelynek alsó, lefelé folyton táguló nyílása jól ismeretes, de felfelé vakon végződik, a föld felszínére nem jön ki. Mindegyik bizonyosan dolinával áll kapcsolatban, de az alulról kiindult, visszafelé vágódó erózió még nem érte el a dolina megrogyott kőzeteit, azért még látható átjáró a kettő között nincs. (l. 9. ábra).

<sup>1)</sup> Les Abimes, Paris, 1894.

<sup>2)</sup> Meg kell jegyeznünk, hogy a dolinák éppen nincsenek mindig barlangok fölött, sőt a barlangok futását a felszínen nem jelzik különösen sűrűn sorakozó dolinák.

Ez a kürtő tehát lényegesen különbözik a beomlott dolinától. A beomlott dolina mindig széles, nagy átmérőjű s mindig úgy keletkezett, hogy a felülről való berogyások lassankint elérték lefelé a barlang boltozatát s végre a barlang-boltozat beszakadt. Ezzel szemben a kürtők alulról fölfelé való átvágódással keletkeztek. Alig kell többet felemlítenem, bizonyítékul, minthogy:

1. Az „aven“-ok lefelé majdnem kivétel nélkül tágulnak s fenn a legszűkebbek.

2. A tulajdonképpeni kürtő fölött igen gyakran megvan a régi dolina eredeti, homorú medencéje s ez a homorú lejtős, felső rész, mint valami tölcser, élesen elkülönül az alsó, meredek falu, sőt lefelé táguló, tehát tulajdonképpen túlhajló falu kürtőtől. A felülről befolyó víz persze a dolina formáit sokszor teljesen elpusztítja.

3. A kürtő alatt, a barlang fenekén mindig hatalmas törmelékhalmoz van. Ebben ugyan sok a felülről behullott, tehát már a nyílt kürtőn át bejutott anyag, de alul rendszeren könnyű kimutatni a kürtő falából s a kürtőt hajdan kitöltő kőzetanyagból származó törmeléket.

4. A beszakadt dolinák és a kürtők közt olv. feltűnő, éles különbség van, hogy semmi esetre sem egyforma jelenségek.

Ilyen szép kürtőt ismerünk hazánkban is többet.

Egyet ismerek Püspökfürdő mellett a Bányahegyen, erről KORMOS TIVADAR írt<sup>1)</sup>, nagyon szépek vannak feltárva és a törmeléktől megtisztítva Görömbölyi-Tapolcán, Miskolc mellett. Ezek különösen érdekes, felfelé fejlődésben levő, de még fenn ki nem nyílt „aven“-ok, de ugyanilyen féle képződménynek barlangokkal való komplikációja az Igric-barlang a Sebes-Körös völgyében, stb.

A barlang hidrográfiai rendszerének fejlődése tehát — a külső körülmények megváltozása nélkül — az, hogy a barlang esése mind kisebb, ürege mind tágasabb lesz, a hozzátartozó dolinák mind mélyebben berogyottak, alulról a kürtők (aven-ok) mindjobban megközelítik a dolinát, végre nyílt kürtökké lesznek, de a dolinák közül sok beszakadozik, a barlang lassankint nyílt *szakadék*-völgyvé alakul át.

## II. A barlangok keletkezése.

A barlangok zavartalan fejlődését megzavarják a külső körülmények. Ezek közül legnevezetesebb szerepet játszik az erózió bázisának süllyedése vagy emelkedése, de azonkívül nagyon fontos a barlang vízgyűjtő

<sup>1)</sup> Barlangkutatás, 1914. II. kötet, 3. füzet, 141. oldal.



területének megnövekedése, vagy megcsökkenése. Van ezeken kívül még más zavaró jelenség is, de vegyük sorra őket.

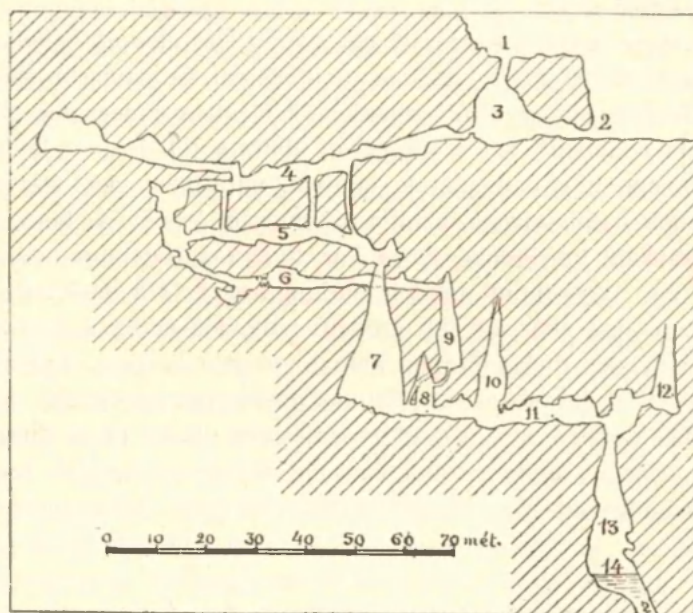
Az erózió bázisának süllyedése vagy emelkedése megint többféle okból következhetik be. Süllyed az erózió bázisa akkor, ha a mészkőhegy emelkedik, vagy a környéke besüllyed, de a mészkőfelvidékre nézve akkor is süllyed az erózió bázisa, ha az a folyó, amelybe a mészkőfelvidék leadja vizeit, bevágódik, völgyét mélyíti. Ebben az esetben a mészkőfelvidék belsejében levő minden víz alászáll s mélyebb szinten keresi meg a kifelé vezető utat.

De hogy ezzel a kérdéssel egészen szilárd alapon foglalkozhassunk, mindenek előtt helyesen fogalmaznunk kell a karsztvízről szóló ismereteinket. Tudjuk, hogy erről a kérdéstről élénk eszmecsere, sőt polémia folyt, amióta GRUND<sup>1)</sup> azt a hipotézist állította föl, hogy a karszt-felvidék belsejében épp úgy van állandó talajvíz, mint más, vizet áteresztő kőzetben s ennek a talajvíznek szintje a tengertől lefelé, a hegység belseje felé folytonosan emelkedik. Ez a karsztvíz megtöltene minden hajszálnyi repedést, épp úgy, mint minden barlangüreget. Ha valamely süllyedés, akár tektonikus, akár egyéb eredetű süllyedés eddig a karsztvízig leér, akkor a süllyedés mélyedésében állandó tó jelenik meg. Ilyenek a polje-és dolina-tavak, ha állandóak. Vannak aztán polje-medencék, amelyekben a víz csak ideiglenesen szokott megjelenni. Ilyen pl. a Zirknitz-tó. A karsztvíz felszíne ugyanis emelkedik és süllyed a csapadék szerint, mint akármilyen más talajvíz. A Grund-féle elnevezés helyett már PENCK is

<sup>1)</sup> Az idevonatkozó irodalmat csak összefoglalólag, a nevezetesebbek felemlí-  
tésével idézhetjük, mert meglehetősen terjedelmes és szerteágazó ma már. MARTEL:  
Les Abîmes c. összefoglaló műve temérdek kitűnő adatot tartalmaz s összefoglalja a  
kiváló speleológus munkálkodását. Valóságos adattár, térkép és metszet-gyűjtemény,  
de elméleti kérdésekkel nem igen foglalkozik. Dr. J. CVIČIĆ: Das Karstphänomen  
(Geogr. Abhandlungen, herausgegeben von Dr. Penck, Wien, 1896, V. kötet, 3. füzet)  
indította meg a behatóbb elméleti vizsgálódásokat s gyűjtötte össze a nagyon szétszórt  
irodalmi adatokat. Utána Dr. ALFRED GRUND volt különösen az elméleti és az apró  
részletekbe menő kutatások embere s két nagy műve: Die Karsthydrographie (Geogr.  
Abhandlungen, VII. kötet, 3. füzet.), és Beiträge zur Morphologie des Dinarischen  
Gebirges (Geogr. Abh. IX. kötet, 3. füzet) hatalmas léptekkel vitték előre tudomá-  
nyunkat. A sok fontos tanulmány közül megemlítsük még: PENCK: Über das Karst-  
phänomen (Vorträge d. Vereins zur Verbreitung naturw. Kenntnisse in Wien, 44.  
evf.); v. KNEBEL: Höhlenkunde (Die Wissenschaft, 15. füzet) erősen ellenzi Grund  
elméletét.; J. V. DANEŠ: Adalékok a karsztünemények ismeretéhez (Földr. Közle-  
mények, 1906, XXXIV. k. 305. stb. lap.); E. BOEGAN: La sorgenti d'Aurisana, Trieste,  
1906; GEIRINGER: Relazione all' in chito consiglio municipale della commissione spe-  
ciale incaricate di studiare i providimenti d'acqua per la città di Trieste (Triest.  
18.2.); C. HUGUES: Idrografia sotterranea carsica (Gorizia, 1903.).

helyesebbnek találta a „talajviz a Karsztban“ elnevezést s mi is inkább emellett maradjunk.

GRUND-nak ez az „elmélete“ tulajdonképpen nem új. Különösen a mérnökök, akik a városok vízellátásának kérdésével foglalkoztak, mindig mint természetes, magától értetődő dolgot vették fel, hogy a mészkő-hegység belsejében a tenger színéig minden tele van vízzel, sőt a dolinákban stb. eltűnt nedvesség okvetetlenül felhalmozódik a mészkőtömegekben s lassankint áramlik ki a tenger felé, mint akármilyen más talaj-



9. ábra. A Baumes-Chaudesi-barlang metszete Martel után (Tarn-völgy, Lozère-megye). 1. Felső bejáró, 2. alsó bejáró, 3. beszakadt tetejű üreg, 4. felső galéria, 5. alsó galéria, 6. zárt galéria, 7—12. tipusos „aven“-ok, 11. „Galerie des avens“, 12. Aven, 13. legalsó aven, 14. tó a barlang fenekén

víz. A különbség csak annyi, hogy a közönséges, porózus kőzetekben (homok, kavics) a talajviz a kőzet szemcséinek közeit tölti meg, a mészkőben meg csak a repedéseket. Minden kétséget kizár s nem is lehet rajta vitatkozni, hogy a tenger apály-szintjéig minden repedés, minden üreg tele van vízzel. Ezen felül pedig okvetetlenül a tengerről a szárazföld belseje felé emelkedő szint határolja a mindent megtöltő talajvíz felszínét, mert hisz, hogy a talajviz a tenger partján a mészkő réseiből kifolyhasson, okvetetlenül szükség van „esésre“, még pedig igen tekintélyes esésre, mert a mészkő hasadékaiban igen nehezen, nagy surlódással és tapadással mozog a víz. A mészkőfelvidék felszínére hullott csapadék



vertikális irányban lesüllyed a repedéseken át, eléri a karszt-talajvíz felszínét s lefolyik, itt már főképpen horizontális irányban, a tenger felé. Hogy az esővíz csakugyan vertikálisan mozog lefelé a repedésekben, azt a Karszt barlangjaiban kifogástalanul konstatálták. Ha fenn a platón szakad az eső, a barlangok menyzetén csurogva ömlik alá a víz, minden kis résen.

Szinte el sem tudjuk képzelni, hogyan lehetett olyan elméleteket ezzel szemben felállítani, hogy a karsztvíz egyedül csőszerű barlangokban folyik le a tenger felé s ezek a csövek nem is eresztik át a vizet a falakon!

Kétségtelen ma már, hogy GRUND-nak csakugyan igaza van s szinte csodálatos, hogy a karszt-tanulmányozók nem fogalmazták a dolgot már előtte is ilyen helyesen, hisz igen sok tanulmányozó ezt mint magától értetődőt, szinte nem is tartotta érdemesnek külön fogalmazni. Részleteiben persze sok meg fog még változni s kiegészítésre is szorul az, amit GRUND leírt s az utána következő tanulmányok és saját tapasztalataim szerint a következőleg foglalhatjuk össze a Karszt barlangjainak keletkezését s általánosíthatjuk mindazokra a karsztos területekre, amelyek a tenger, vagy állandó szintű erózióbázis mellett emelkedtek ki.

A Karszt, tudjuk, lepusztult mészkőhegységnek a tönkje, különösen pedig lepusztult róla nagyon sok fliss<sup>1)</sup>, aztán, körülbelül a pliocén-korban a tönk kiemelkedett s kezdődött az elkarsztosodás.

Kétségtelen, hogy kiemelkedés után az esővíz azonnal eltűnt a mészkő hasadékaiban s az eddigi felszíni vízfolyások megszűntek. Istriában sok régi, ma teljesen víztelen völgy látható a karsztos fennsík tetején. A csapadékvíz tehát leszaladt a mészkőben s amikor elérte azt a nivót, ahol minden rés és repedés már tele volt vízzel, akkor kezdett a tenger felé áramlani.

Áramlása közben természetesen állandóan tágította a tenger felé vezető réseket s mindenesetre azok a rések tágultak legjobban, amelyek különben is már eredetileg a legtöbb vizet voltak képesek befogadni. Mert hisz minél több víz érintkezik a mészkővel, annál több oldódik fel belőle. A mélybe jutott víz ugyanis szénsavat visz a föld felszínéről magával s ennek segítségével oldja a meszet. De egyenlő befogadó képességű repedések közül megint azok tágultak leggyorsabban, amelyekben legsebesebben mozgott a víz. A legsebesebb mozgásnak egy bizonyos lejtő felel meg a talajvíz felszíne közelében s azért itt lesznek a legjobban kitágított rések s ezeken mind gyorsabban, mind könnyedebben fut le a

<sup>1)</sup> Istria félszigetén a mészkőhegyeket többször borítja az általános fliss-takarónak egy-egy foszlánya. Ezt jó tudni akkor, amikor a Vinodol-árok keletkezésének kérdésével foglalkozunk.

víz. Azok a dolinák, amelyek valóban víznyelő töbörök lesznek a felszín formái miatt, t. i. azok, amelyekben összefuthat a csapadékvíz, azok lassankint kúrtókká mosódnak ki s döntik a csapadékvizet a kitágult rések felé. Az ilyen dolinákat ponoroknak nevezzük s kivesszük a dolinák közül. Ezek körül mindig meglátszik a patak völgy, amelynek vize eltűnik benne. A dolinák mellett ilyeneket nem látunk.

10. ábránkon az 1. rajz mutatja a barlangképződés első stádiumát. A csapadékvíz még a repedéseknek sűrű halozatán keresztül folyik a tenger felé. I-nél bukkanik ki a víz, forrás alakjában. Itt, ahol a szabadba kijut, megnövekedik a sebessége már a szikla belsejében is, mert hisz megszűnik a surlódás következtében keletkezett duzzadás, koncentráldik a víz minden eróziós hatása. Üreg támad tehát itt, amelyből a víz előtör. De fenn a plató tetején D-nél és A-nál ponorok nyílnak, esős időben bűgva tűnik el bennük a víz. Száraz időben lemászhatunk beléjük. A ponor vakon végződik, a belefutott víz szerteszéled a repedések közt. Számtalan ilyen ponort ismerünk a francia és az adriai karsztos területekről.

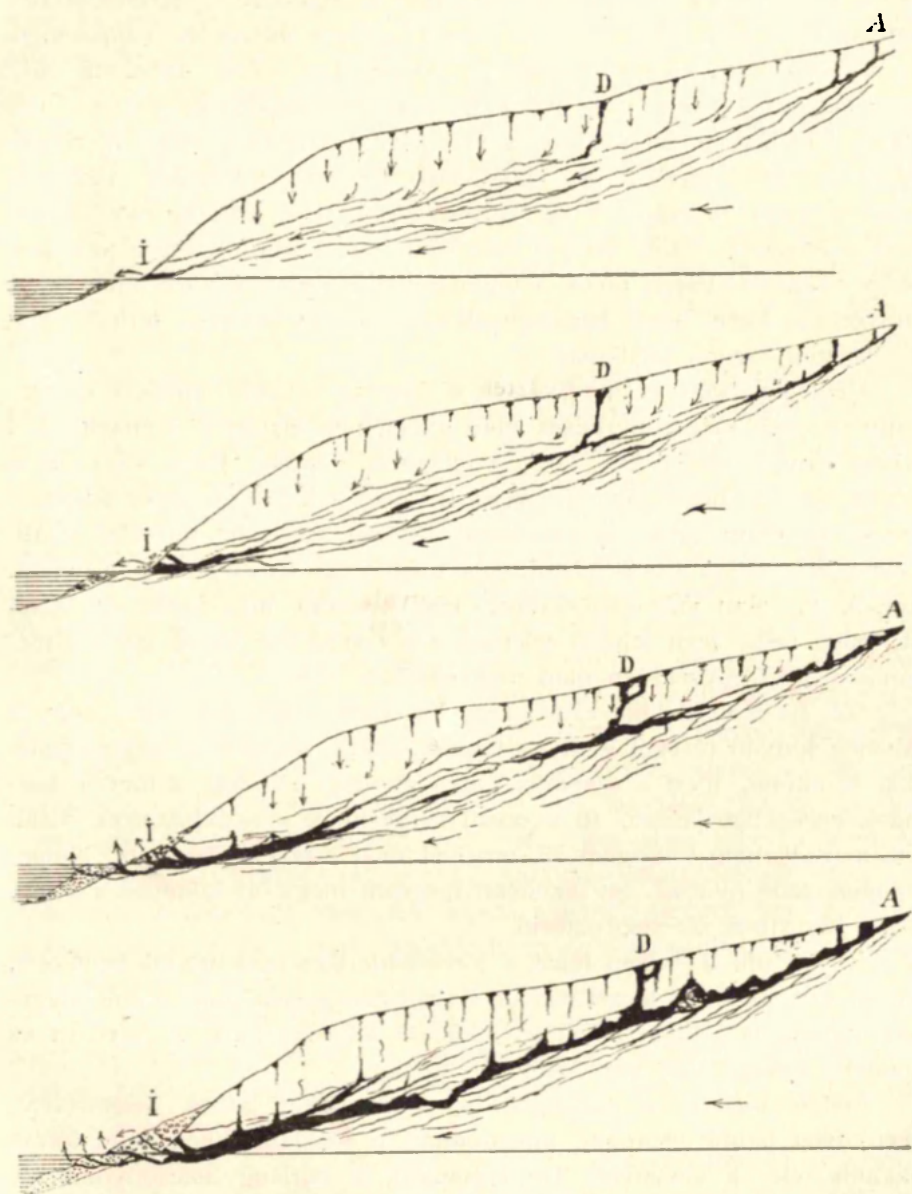
10. ábránk 2. rajza fejlettebb stádiumot mutat. I-nél a forrás nyílásába mélyen behatolhatunk, ha száraz idő van, valóságos barlangban járunk, tetején és oldalán simák a falak, mutatva, hogy a víz ki szokta tölteni az egész üreget. D ponorba lejutva, egy darabig követhetjük a barlangot, amely alatta kezd képződni, tán lefelé is, fölfelé is, de nagyon nehéz előre jutni, végre annyira összeszűkül, hogy nem lehet tovább menni. Ez kis darabkája a készülő barlangnak. Hogy a kitágított repedést, mikor kezdjük barlangnak nevezni, az izlés dolga. Gyakorlati szempontból talán célszerű csak azt nevezni barlangnak, amelybe az ember belemehet, mert elég nagy méretű. A kisebbeket résnek, kúrtónek, csőnek stb. lehet nevezni, alakja szerint.

A) pontnál a legtöbb víz jut a mészkő belsejébe, talán felszíni vízfolyások, nem karsztos területről származó patakok is behatolnak itt, azért emelkedett ilyen magasra a karsztvíz színe. Itt a legenergisabb a barlangképződés, különösen, ha erős patak éri el itt a karsztos területet.

10. ábránk 3. rajza már határozott barlangokat tüntet fel. Egyet I-nél, a forrás-barlangot, a másikat D-nél, a ponor-barlangot, a harmadikat A-nál, a bűvópatak kapuja alatt. A forrás-barlangba nehéz bejutni. A barlangi víz a szabad levegőn erősen kergesít és travertint rak le. A tengerbe rajzolt, pontozott törmelékletű a barlangból és a hegylejtőről származott törmelék, részben összeragasztva mésszel. A hegy lábánál felhalmozott törmelék lesz a karszt-breccsa<sup>1)</sup>, mert ezt a törmeléket a bar-

<sup>1)</sup> L. Előzetes jelentés Karszt-tanulmányaimról. (Földrajzi Közlemények XLIV. kötet, 1916. 8. füzet, 27. oldal.)





10. ábra. Barlang keletkezése állandó erózióbázis esetén. I Forrás-barlang, D Ponor-barlang, A Víznyelő-barlang. A nyilak a karsztvíz áramlásának irányát mutatják.

langi víz összecementezi. Ezzel el is torlaszolja kijárását s a víz kénytelen a tenger színe alól előbukkanni, mert a tengervízében természetesen nem csapódik ki a travertino. *Ez az oka, hogy majdnem valamennyi karszt-forrás az Adria partján a tengerszine alatt bukkanik elő!* Különösen szépen lehet ezt látni a Buccari-öböl északkeleti partján. Ott valami 150 helyen bugyog elő a víz a tengerszínében, vagy a tenger alatt s az ilyen helyek fölött, különösen Bakarac környékén vastagon fekszik a karszt-breccsa. A karszt-breccsa miatt a barlang nem fejlődhetett a tengervíz fölött, hanem csakis víz alatt. Mint a folyó torkolata előtt a rekesztő-zátony, olyan a barlang nyílása előtt a karsztbreccsa és a travertino. Ezzel hazai barlangjaink előtt (Zichy-barlang, Iglic-barlang stb.) szintén fogunk találkozni.

Meglehet, hogy ez a rekeszték a barlang további fejlődése és vízmennyiségének megszorodása után gyengének bizonyul, elfusztul s a barlang nyitott szájával önti vizét a tengerbe (Ombla, Buna stb.), de a barlang nyílása mégis csak a tengerszine alatt fejlődött ki, éppen a karszt-breccsa, az utána omló, travertinoval összecementezett törmelék miatt. A karsztbreccsának ezt a jelentőségét még senki sem méltatta. A karszt-források víz alatt való előtörésének magyarázatát még senki sem kísérelte meg, pedig igen feltűnő jelenség s a GRUND-féle karszt-talajvíz mechanizmusával egyszerűen nem magyarázható meg.

Sőt, ha a sziklából előszivárgó víz eleinte nem elég arra, hogy a szabadba kinyíló réseket gyorsan tágítsa, akkor magukat a sziklarepedéseket is eltömi, mert a szabadba jutva gyorsan párolog, s mint a barlangok belsejében lassan, itt gyorsan kergesíti be a sziklafalakat. Csak azok a rések nem tömődnek el, amelyek nem a szabad levegőre, hanem a tengervízébe nyílnak. Így azonban mégsem megy oly könnyen a dolog, mint a karsztbreccsa segítségével.

10. ábránk 3. rajzán tehát a forrásbarlangba nem tudunk behatolni, mert el van tömődve a nyílása, de ha mesterségesen utat törünk, nagy-szerű barlangba jutunk, hatalmas földalatti folyó partjára. A folyó itt az önépítette torlasz előtt csendes tóvá duzzadt.

Felfelé menve, a barlangba oldalbarlangokat látunk beletorkolni, „laven“-okat látunk csorogni, innen-onnan a sziklareésekből, mint forrás bukkanik elő a karsztvíz. De lassankint a barlang alacsonyodik. A patak vize majdnem egészen megtölti, nem lehet tovább haladnunk. Több-ágra is látszik oszolni s a mindenfelől beözönlő víz tanuskodik róla, hogy följebb még nincs barlang, csak a sziklarepedésekben surranik le a csapadék vize. Fenn a karsztplatón D-nél a ponor alaposan megnövekedett, mellékaga is készült. Szárazságban leeresztkedhetünk kerekre kimosott, vízmosással kikerekített kürtőjébe, ahol a vizesések ismert



karéjos kimélyítéseit láthatjuk. A ponor fenekén sok törmelék van, de már messze elmehetünk föl és lefelé. Vizsgálódásaink közben künn meg-ered az eső. Az A felől erre nyíló réseken át kezd víz ömleni a barlangba, de csodálkozva vesszük észre, hogy a víz hamar eltűnik, nem jut el a barlang végéhez. A barlang feneke, mint a rosta ereszti át a vizet. Csak ha a barlang alatt megtelt a hegy vízzel, akkor fut végig az esővíz a barlangon, de aztán mégsem követhetjük, mert hozzáférhetetlen résekben oszlik szerte a barlang alsó végénél.

Ilyen középső, mindkét végén vakon végződő barlangot többet ismerünk, de természetesen csak olyanokat, amelyekbe valami kürtőn át le lehet jutni. Ha ponor, vagy aven nem vezet hozzá, akkor teljesen rejtve marad előttünk.

A fejlődő barlang legszebb helye fenn van, a búvópatak eltűnésénél. Ilyen barlang óriási kiadásban a St. Kanziani. A flissről jövő Reka fut itt be a mészkőbe, s óriási, boltozatos üreget vágott, de aztán mintegy 2,5 km hosszú út után csendes tóban látszik megállni. A tóból nem vezet barlang semerre, a vízfelszínén sem látszik, hogy valamerre lefolyása volna. S a víz mégis elszéled a sziklarések közt, eltűnik, azt mondhatnók, nyomtalanul. 1907. december 23. án Vortmann és Timeus<sup>1)</sup> St. Kanziannál nagy mennyiségű lithiumchlorürt öntöttek a Reka vizébe. Ezt az anyagot szinképelemzéssel igen könnyű a vízben, parányi nyomokban is kimutatni. December 30.-án és 31.-én a lithiumchlorür megjelent a trieszti forrásokban, valamennyiben, tehát a Timavo-forrásokban, az Aurisina-, a miramarei Cedra-forrásokban stb. egyszóval az egész partvonalon, oly hosszúságban, hogy a két legszélső forrás távolsága egymástól 22 km volt! A Reka vize tehát valójában szerte oszlott ezer és ezer hasadék között, ott a nagy surlódás miatt folyása igen meglassudott, de ehelyett bizonyára sokkal nagyobb nedves keresztmetszeti területtel folyt, mint a barlangban.<sup>2)</sup> Ilyen erős késedelmet csakis emiatt szenvedhetett a víz.

A St. Kanziani barlang tehát csakugyan nem követhető a tengerig, mint azt azelőtt gondolták. A ma már ismert területe valószínűleg az összes, barlanggá fejlődött része, a többi majd csak ezután fog barlanggá lenni.

10. ábránk 4. rajza mutatja, hogy miképpen alakul ki teljesen az átmenő barlang, egybekapcsolva a búvópatak barlangját a ponor- és a forrás-barlanggal. Az avenek szépen fejlődnek, a barlang körül azonban

<sup>1)</sup> Peterm. Mitth, 1908. 166—168. oldal.

<sup>2)</sup> Ez annyit tesz, hogy a vízzel kitöltött összes rések keresztmetszete valamely helyen nagyobb területű volt, mint a Reka-patak keresztmetszetének közepes területe.

még mindig temérdek rés is vezeti a vizet, sőt kisvíz idején a barlangon végig futó patak vizének nagy része eltűnik a parallel futó repedésekben. E. BOEGAN szerint<sup>1)</sup> 1876. aug. 11.-én a Reka vízmennyisége Ober-Uremnél 53,293 m<sup>3</sup>/d volt, St. Kanziannál már csak 31,908 m<sup>3</sup>/d; aug. 17.-én St. Kanzián falu alatt, az első eltűnés helyén 114,048 m<sup>3</sup>/d, alul pedig csak 25,583 m<sup>3</sup>/d volt a szállított vízmennyiség 24 óra alatt. 1879. szept. 18.-án St. Kanziannál a Reka teljesen száraz volt, míg ugyanaznap Ober-Uremnél még 46,000 m<sup>3</sup>-t szállított egy nap alatt. Ez a víz tehát teljesen eltűnt a Reka mészkőszakadékaiban repedéseiben. A víz tehát a folyó medrében folyton fogy, amint mészkőre ér, kétségtelenül bizonyítva, hogy a barlang alatt a mészkőrepedései nincsenek tele vízzel száraz időben, hanem temérdek víz száll alá a száraz időben nagyon is alacsony karszt-talajvíz szintje felé. Viszont árvíz idején rettentő víztömeg az, ami a barlangban megduzzad. 1826-ban a st. kanziani nagy dolinában 80 m magasán, 1851-ben 70 m magasán állt a víz. A barlangban benn a gyönyörű travertino-tetaraták fölött a barlang boltozatának egyik hasadékában, 75 m magasán a Reka felett, egy deszka van beszorulva, mutatva, hogy ilyen rémes magasán, egész a mennyezetig megtöltve rohant a víz lefelé. De a hasonló képződésű trebici barlangban Morlot<sup>2)</sup> szerint még 109 m magas vízállásnak is vannak nyomai. Ilyen rémes duzzadás csakis úgy lehetséges, hogy a barlang nem szolgál le egészen a tengerig, hanem bizonyos távolságon túl szerte oszlik repedésekbe.

Hazánkban is van tanulmányunk erre vonatkozólag. MIHUTIA SANDOR tanulmányozta a Vaskóh vidéki Kimpanyászka nevű víznyelő barlangot és összefüggését a vaskóhi Bój-forrásokkal.<sup>3)</sup> 1901. aug. 14.-én porrá tört faszemet szórt a Szohodol patakba, d. e. 11 órakor. D. u. 2 órakor a Bój-források közül a két kisebbikben megjelent a faszén. A nagyobbik forrásnak nincs köze a Szohodol patakhoz, amit az is bizonyít, hogy ennek vize sohasem zavarodik meg. Másodszori kísérlet is azt bizonyította, hogy a Bój-források közül a keleti kettő az, amelyikben a Kimpanyászka víznyelő eltűnt vize újra megjelenik. Rendkívül érdekes azonban, hogy az eltűnt víz légvonalban 1750 m hosszú utat tesz meg s ismeretlen útjának eleje és vége között mintegy 10 m magasság-különbség van, tehát esése rendkívül nagy! Ezt az utat kész barlangban körülbelül 6 perc alatt kellene a víznek megtennie, ha útja szabályos, sima meder

<sup>1)</sup> BOEGAN: *Le sorgenti d'Aurisina*. Trieste, 1906., 49. oldal.

<sup>2)</sup> „Über die geol. Verhältnisse von Istrien“, Haidingers *Naturw. Abh.*, Wien, 1848., 35. oldal.

<sup>3)</sup> MIHUTIA SANDOR: A vaskóhi mészkő-fensík hydrographiai viszonyai. *Földr. Közlemények*, XXXII. kötet, 1904, 1. lap, stb. Ide vonatkozik a IV. fejezet. (12. old.)



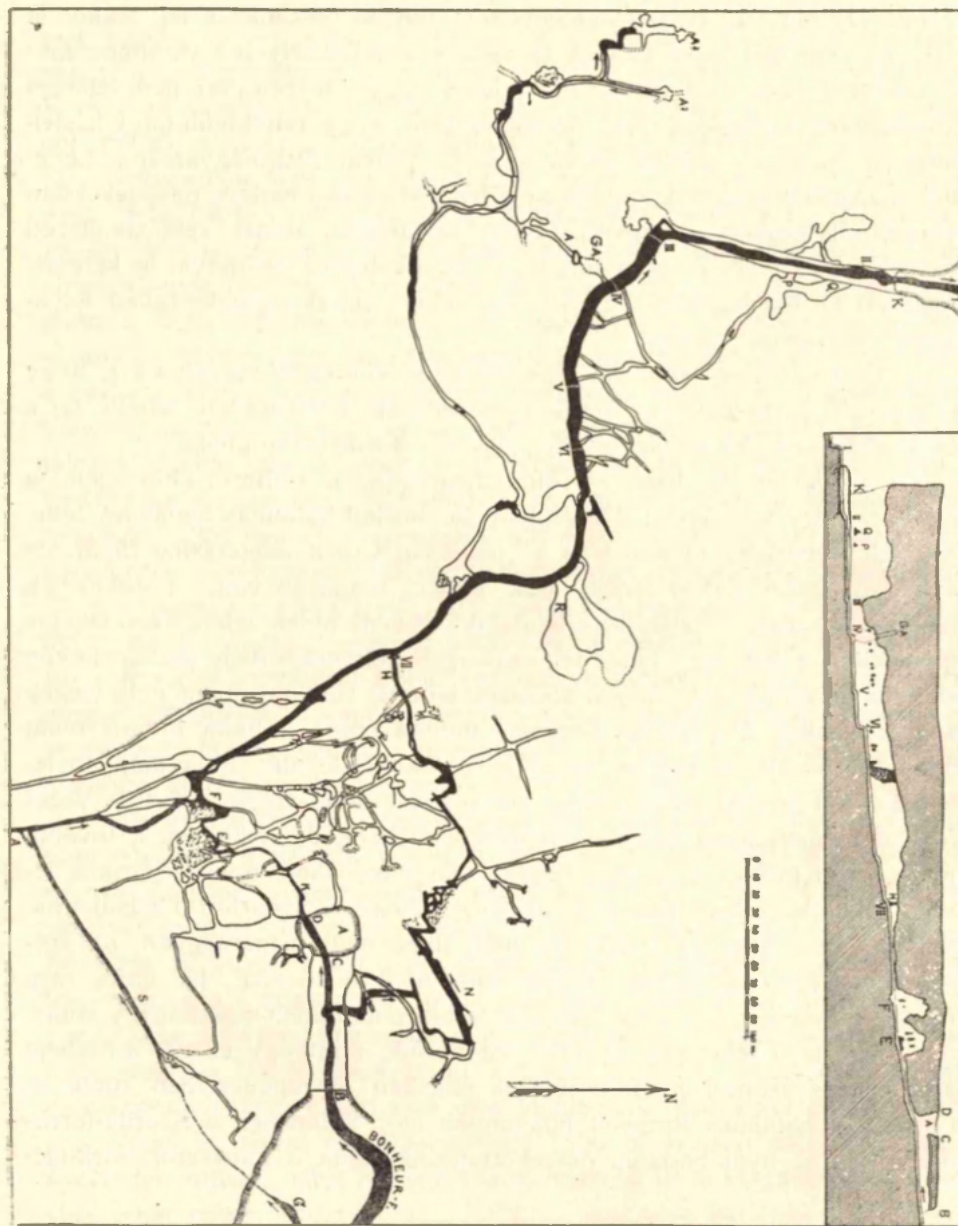
volna. De még ha erősen akadályozott folyást teszünk is fel, akkor is 10—15 perc alatt lenn kellene lennie a víznek! Ehelyett a víz több, mint 3 óra alatt teszi meg ezt az utat! Igaz, hogy a faszén pora nem teljesen kifogástalan vizsgáló anyag, de kétségtelen, hogy rendkívüli nagy késleltetés érezhető itt, amelyet Mihutia hiába próbál megmagyarázni. Lehetetlen másként értenünk, minthogy a Kimpanyászka barlang hasadékokban eloszlik s azokon át nagyon lassan szivároghat, óriási keresztmetszeti területre eloszlatva, lassan folyik. A késleltetésből számítva, a keresztmetszeti terület legalább 12—18-szor akkora, mint a patak szabad folyásának nedvesített területe.

De számtalan sikertelen színező és sózó kísérlet tanúsítja azt, hogy a víznyelő barlangok vize rések és repedések hálózatában bomlik fel s csak alul szedődik megint esetleg össze a forrásbarlangban.

Legújabbán G. LAHNER<sup>1)</sup> Montenegróban, a Cattaroi öböl felett, a Lovcen hegy közelében, a Nyegus-polje mellett hatalmas barlangot fedezett fel. A barlang nyílása 920 m magasan van a tengerszint felett, de a bejáró, széles dolina feneke csak 880 m magasan van. A dolina sik fenekének szélén, vertikális sziklafalak lábánál nyílik lefelé, meglehetősen meredeken a barlang s temérdek csavargás, rettenetes mély szakadékokon át a tengerszint felett 570 m magasra lehetett benne roppant nehézségek árán alászállni, 2½ hónapi keserves munka után. A bátor kutató tehát  $880 - 570 = 310$  m mélyre hatolt le a földfelszín alá. A barlangban lefelé folyton bővülő patak zuhog alá sokszor óriás vizesésekkel s végül 570 m magasságban állandó, csendes vízű tó akadályozta meg a továbbjutást. Már pedig, ha barlang ugyanilyen meredeken tovább tartana lefelé, lehetetlen, hogy benne ez az 570 m magas vízoszlop megállhatna. Szifonra nem igen gondolhatunk, mert ilyen nagy magasságban, az erősen repedezett mészkőben aligha állna meg a tó vize, ha alatta még mindig vízzel nem telt, tehát üres repedésekkel átszeldelt mészkőhegy volna.

Majdnem lehetetlen egyebet feltennünk, minthogy ez a tó a barlang alsó vége s azontúl a víz a rétegek réseiben és repedéseiben tűnik el. Cattaronál hatalmas források bukkannak elő, különösen a Szurda-forrás óriási. Ha ez nyílt barlangi összeköttetésben állna a LAHNER-től Sarkotić-

<sup>1)</sup> G. LAHNER: Der westmontenegrinische Karst und sein hydrologischer Zusammenhang mit der Bucht von Cattaro. Petermann's Geogr. Mitth. 63. évf. 1917. okt. füzet. — A rendkívül érdekes eredmények értékére egy kis homályt vet szerzőnek az az önbeismerése, hogy ő hisz a varázsvesszőben! A németek és osztrákok közt ez az érthetetlen babona úgy elterjedt, hogy szinte bámulattal állunk meg előtte. LAHNER azonban becsülettel bevallja, hogy a varázsvesszősök Montenegróban súlyos kudarcot valloztak.



11. ábra. A Bramabiau-barlang alaprajza és metszete (Garni-megye, Franciaország) Martel után. A „aven”-ok. GA Grand-Aven, B a Bonheur-patak fő eltűnése. C és D közt az A aven beszakadt, E a Nagy-keresztelő-terem, F a Homokos-terem, G a Bonheur-patak kisebbik ágának ponorja, N északi ág, K középső ág, S déli ág, H az északi ág torkolata a főágba, R „Salle du Repos”, K a Bramabiau-patak előttünse. I—VII. vízszintek. A metszet a K középső ág mentén vezet, a betűk ugyanazt jelentik, mint az alaprajzon.



barlangnak nevezett óriási viznyelővel, akkor nem maradhatna ott a tó 570 m magasságban függve.

Hogy mily szövevényesen oszlanak szét a barlangok a mészkő-hegységek belsejében, azt túlfejlődött és elhagyott barlangrendszereken látjuk különösen jól.

Ennek illusztrálására mutatom itt be a franciaországi Bramabiau barlang részletes alaprajzát Martel és Mazauric felvételei szerint (Gard megye). A barlangban a Bonheur folyó tűnik el, két nyíláson. Térképünkön B és G helyen van a földalatti futás kezdete. G-nél mindjárt olyan alacsony és keskeny csőbe jut a víz, hogy ember nem követheti. B-nél azonban hatalmas boltozat nyílik s fedi a folyót egész C-ig. C és D közt beszakadt a barlang boltozata. A BC alagútban ketté oszlik megint a folyó, egyik része a N ágban temérdek kanyarodóval, szétágazással érkezik H-hoz (térképünkön fekete festék jelzi az élő patakot.) A másik főág (K) E és F helyeken átjutva, csatlakozik a G-nél eltűnt S déli ág vizéhez. H-nál mind egyesülnek, hatalmas, óriási barlangban s aztán K-nál napvilágra jut a folyó s felveszi a Bramabiau nevet. Ennek a patakos barlangnak, a K középső barlang mentén vett hosszmetsetét a térkép sarkában levő rajz mutatja be, de félakkora mértékben, torzítás nélkül. Látjuk tehát, hogy a forrásbarlang milyen óriási méretű a folyót elnyelő barlanghoz képest.

A legszűkebb és legalacsonyabb helyen sokáig járhatatlanul szűk hasadékokban folyt a víz, ami BCD úton eltűnt. Hajdani szerteoszlásáról nagyszerűen tanuskodik az a szövevényes barlanghálózat, amit térképünk is kimutat, be nem feketített barlang-jelzéssel. Ezek a nyílások olyan tágasak már, hogy be lehetett őket járni, de hány és hány olyan kiágazást látunk, amelybe nem lehetett már bejutni. Az elhagyott barlangok nivója jóval magasabb, mint a mostani patak-barlangé. A hosszanti metszetben fekete foltok tüntetik fel a barlang falán az elhagyott barlang-üregek nyílásait. Úgy látszik, hogy a repedések eredeti iránya NNW—SSE és E—W volt, mert a barlangok is leginkább ezekben az irányokban fejlődtek ki.

Sok aven (A) is jelezve van térképünkön. Ezeknek felső nyílása ismeretlen, de valószínűs barlangok, tanusítva az aven-ok fennebb kifejtett eredetét.

Kevés olyan szerencsésen fejlődött barlangunk van, mint a Bramabiau, hogy ennyi hasadék és repedés lett volna járhatóvá, mint itt. Valóban, egész útvesztő a barlanghálózat, pedig csak a járható részek tüntethetők fel. hát mennyi olyan rés lehet még, amelyen víz folyt akkor, amikor a barlang szintje még nem szállt annyira alá!

A Bramabiauhoz hasonló az Adelsbergi barlang útvesztője is, de kisebb mértékben.

A barlangok keletkezésében egy kérdés különösen eldöntendő még vajjon a barlangüreg kidolgozásában a mechanikai erózió, vagy a kémiai oldás játszik-e fontosabb szerepet? A kérdés nincs eldöntve s nincs kellőképpen tanulmányozva. Annyi azonban valószínűnek látszik, hogy a teljesen kitöltött, lassú vízmozgású hasadékokban föltétlenül az oldásnak van nagyobb hatása, míg a mechanikai erózióknak inkább tágas barlangüregekben jut szerep s valószínű, hogy a nagy barlangüregek óriási méreteit a méretekkal együtt növekedő mechanikai hatásnak tulajdoníthatjuk.

### III. A barlangok átalakulása az erózió bázisának süllyedése következtében.

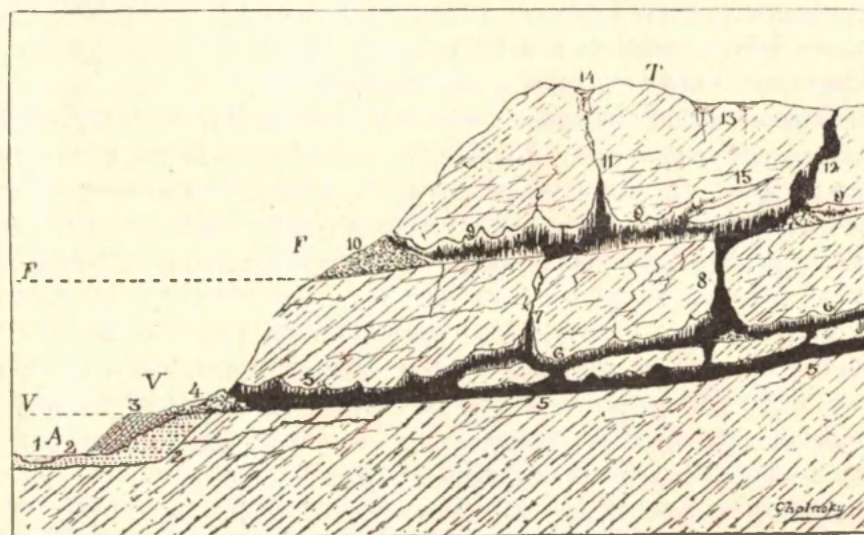
A tengerpartra nyíló barlangok eróziójának bázisa a tenger szintje. Ez nehezen és csak geológiai idők folyamán változik, hegyképződés következtében. Azoknak a barlangoknak, amelyek folyóvölgyekre nyílnak, a folyó szintje az erózióbázisuk. A folyó szintje azonban mindig és elég gyorsan változik a folyó bevágódása következtében.

A folyóvölgy bevágódása azonban nem egyenletes, hanem rendszeren szakaszos. A bevágódás pihenő stádiumait rendszeren terraszok jelzik a folyók mentén. Minden folyami terrasz hajdan völgyfenék volt s a folyó sokáig ugyanebben a szintben tágitotta, szélesbítette völgyét. A folyó völgyének ugyanis felső, középső és alsószakasz jellege váltakozik. Ha a folyó erózió-bázisa megsüllyed, akkor a folyó középszakasza esetleg újból felsőszakasz jellegű lesz s a folyó kiszélesített völgyének fenekébe újra kezd bevégni ágyát. Lehet, hogy a középszakaszúság először alsószakasz jellegű lett s a folyó kiszélesített völgyét vastagon feltölti kavicssal, aztán ismét középszakasz jellegű lesz s egyensúly keletkezik, a folyó megint szélesbíti völgyét s csak azután következik be az újabb felsőszakasz s a kavicssal feltöltött, széles völgyfenékbe vágja be a folyó új völgyét. A mi magyarországi folyóink völgyében különösen két terrasz ismerhető fel határozottan. Az egyik a folyó mai völgye fölött mintegy 60 m magasan van, ezt fellelgyári terraszoknak nevezzük, a másik mintegy 20 m magas és természetesen az előbbinél jóval fiatalabb. Ezt városi-terrasznak mondjuk, mert legtöbb folyóvölgyi városunk ezen a terraszon van (Miskolc, Kassa, Kolozsvár, Nagyenyed, stb. stb.). A fellelgyári terraszokhoz tartozik a budai Várhegy platója, a kiscelli párkánysík meg az esztergomi főtemplom terrasza. A fellelgyári terraszok leginkább szikla-terraszok, kevés kavics, vagy egyéb völgyfenéki lerakódás van rajtuk (édes-



vízi mész stb.). A városi terraszok kavicsterraszok, ezért településre különösen alkalmasak.

Képzeljük el már most, hogy abban az időben, amikor a folyó még a felleghvári terraszok színében folyt, barlang képződött a folyó völgyét határoló mészkőfelvidékben. Mindenesetre éppen úgy keletkezett, mint ahogy azt az előbbi fejezetben megismertük. Ezt az első barlangot 12. ábránkon 9. számmal látjuk jelezve. Persze dolinák, víznyelők, avenok stb. tartoznak hozzá.



12. ábra. Barlang keletkezése süllyedő erózió-bázis (völgybevágódás) esetén. F a felleghvári terraszok szintje, V a városi terraszok szintje, A alluviális völgy-fenék. 1. Folyó-meder, 2. Folyó kavicsa, 3. Barlangpatak travertinója, 4. Omlás, 5. Patak-barlang, 6. Stadiális, kevésbé fejlett, elhagyott barlang, 7. Fejlődő aven, 8. Átszakadt aven, 9. Elhagyott, felső terrasz-barlang, 10. A felső barlangot elzáró, travertinóval összecementezett törmelék (karsztbreccsa), 11. Fejlődő aven, 12. víznyelő ponor, 13. normális, közönséges dolinák, 14. Ponorrá fejlődni készülő dolina, 15. Cseppkővel teljesen betöltött barlang.

A folyó azonban újra, gyorsan kezdi bevágni völgyét s a barlang erózióbázisa ezzel természetesen süllyed. Az új völgyfenék legyen V-nél, itt a folyó megint megpihen s újra szélesíti völgyét. A barlang tehát most ezen a szinten fog újra fejlődni. A felső barlang vize eltűnik a réseken, repedéseken s alsóbb szinten keresi meg újra a legkönnyebb utat. A felső barlang tehát szárazon marad, fejlődésében megakadt! Az alsó barlang sokáig járhatatlan, mert egyes részeken repedések közt széled el a víz, más helyen egészen kitölti a meglevő üreget stb. Később ez a barlang is járható lesz talán, de átjárót még nem enged. Különösen.

felső részén még nem fejlődött ki, mert ott még kevés vize van s idegen területről nem jut patak a karsztos felvidékre.

Ez az itt vázolt eset a mi hazai barlangjaink képződésében a leggyakoribb, azért sorakoztattam így a tüneteményeket. Legtöbb barlangunk két nivón fejlődött. Az egyik barlang fenn van a fellegrvári terraszok nivójában. Ez száraz, sok szép cseppkő van benne, fenekét vastagon lepi el a törmelék, a travertino, a denevérguanó s az idemenekült, vagy itt élő állatok csontbreccsája. Az alsó barlang a városi terraszok nivójában van, még folyik benne a patak, vagy már az is elhallgat s újra mélyebb szintre költözött a karsztvíz s vele együtt a barlang vize is. De árvízkor még mindig szerepel a barlang-patak.

Tipusos példája ennek a csoklovinai barlang Hunyad-vármegyében.

A Sztrigy jobboldali mellékfolyója, a Lunkányi patak fenn ered a Kudzsiri havasok nyugati végződésén, ott, ahol a közép magas hegység hirtelen elvégződik a Sztrigy széles völgyalapjára. Kelet—nyugati irányban húzódó hegygerinc ez s nagy általánosságban ugyanilyen irányban csapnak a hegyet fölépítő közetrétegek is. A láncvégződés déli oldalán, Puj falu felett szép boltozatokba felgyűrt kárpáti homokkő van. Ebbe a krétakori homokkőbe helyezkedtek el a valószínűleg tithonkori mészkőrögök, szirtesen. Az egész, zavaros rétegösztet ráhelyezkedik az északon előbukkanó kristályos palákra.

A szirtes fliss terület hegyalakzatai éppen a szerkezet miatt nagyon változatosak és festőiek. A homokkő lankásabb, simább körvonalú magaslataiból merészen emelkednek ki a mészkőszirttek. A mészkőveken, igazi kárpáti szirttek módjára, rétegzést nem igen lehet kivenni, de annál több repedést, breccsás részleteket stb. Ahol nagyobb darabokban fordul elő a mészkő, ott a tetején azonnal megjelenik a karszt-tünetmény.

A legnagyobb szirttek közé tartozik az, amelyik Ponorics és Csoklovina falvak közt a Robulu csucsban 977 m magasán kulminál. Ez a tekintélyes szirt zárja le a lunkányi völgy fejt. Itt, a völgy legfelső részén a völgyfenék oly meredek lejtőkkel vágódott be, hogy alig lehet rajta járni. A városi terraszoknak csak rudimentumai vannak meg. Fenn, a völgy fölött mintegy 100 méter magasságban jól kifejlődve megtaláljuk a fellegrvári terraszokat s ezek egyik darabján, közel a hirtelen lezárult völgy fejéhez, 650 m abs. magasságban fekszik Csoklovina falu. A falu fölött megint megmászhatatlanul meredek sziklafalakkal határolódik a völgy s csak a völgy fejt levágó nagyszerű sziklafal, meg a csoklovinai magas terrasz déli vége közt jön le olyan kőomlás, amelyen fel lehet jutni a mészkőszirt dolinás tetejére s a dolinák közt vezető gyalogösvényen nemsokára Ponorics faluba jutunk. Ez a falu hatalmas nagy dolinában fekszik. A dolina nyugati oldalán tátong a ponoricsi patak hajdani



viznyelő-barlangja, mint nagyszerű boltozat. Ma ez szárazon áll, mert a dolina megint megrogyott s a víz alsóbb helyen tűnik el, a falucska házai közt, kis viznyelő lyukban.

A gyönyörű csoklovinai barlang a fellelgyári terraszok szintjében van. Oldalkürtön lehet belejutni. Víz alig van benne, itt-ott állt meg egy-egy mélyebb, travertínóval jól eltömött helyen. Rengeteg sok törmeléknek kell benne lennie, erről tanuskodik a barlang alakja. Amikor a csoklovinai völgy még nem volt ennyire bevágódva, hanem a fellelgyári terraszok szintjéig még tele volt, akkor folyt ebben a felső, száraz barlangban a víz s nagy, boltozatos kijárója lehetett valahol a sziklafalon. Ezt ma nem lehet látni, nem ismerjük. Semmi esetre sem azon a kürtön át jártak be a barlangba, amelyen most lehet bejutni. Temérdek pleisztocénkori állatcsont, sőt a pleisztocénkori ősember nyomai is megvannak a barlangban.<sup>1)</sup> Valahol kellett nagy, tágas bejárójának lennie a fellelgyári terraszok szintjében, tehát mintegy 100 m magasan a mai patak felett. Ezt a bejárat annak idején nem találtuk meg a megmászhatatlan, függőleges sziklafalakon.

Amikor a patak völgyét újra bevágta, ez a nyílás szárazon maradt, a barlang vize ismét eltűnt a barlang fenekének repedésein s alul csorgott ki forrásokban. Végre a mai állapotába került a völgy s a patak a régi barlang alatt, mintegy 100 méterrel mélyebb szinten, hatalmas boltozat alól tör elő. Az alsó, élő barlangnyílás körül lankásabb a terület, tanúsítva, hogy itt hosszabb ideig szünetelt a patak eróziója s volt ideje a forrás-barlangnak kifejlődni.

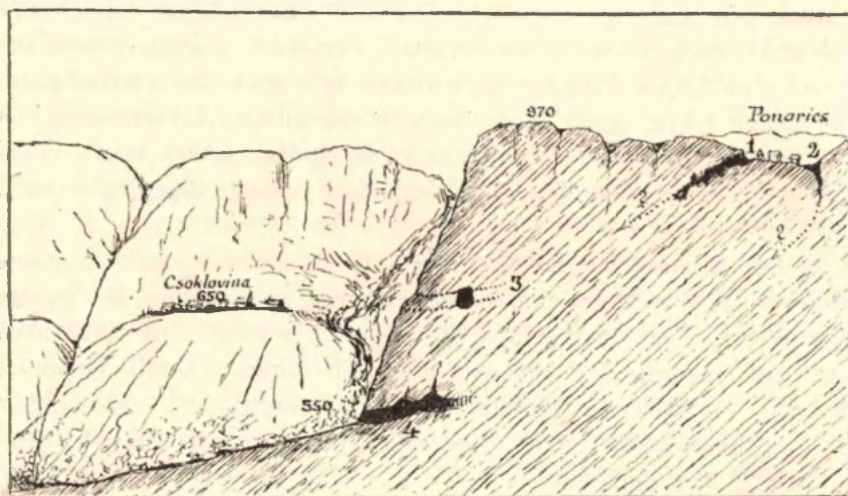
13. ábránk mutatja egészen vázlatosan a helyzetet. Sajnos, sem a felső viznyelő barlangnak, sem az alsó, forrásbarlangnak a belső részekkel való összefüggését nem ismerjük. Valószínű, hogy nyílt összeköttetés van a kettő közt ma már, mert volt ideje a kifejlődésre, de az is lehet, hogy a viznyelő barlang repedések közt széled szét s nincs járható kapcsolata a forrásbarlanggal. Barlangkutatóinknak igen hálás feladata volna ezt a szép rendszert teljesen átkutatni, különösen azért, mert a felső barlang leletei igen biztató kilátást nyújtanak, hogy itt a prehisztorikus, talán pleisztocén ősembernek nemcsak kőszerszámain, hanem csontjait is megtaláljuk.

Hasonló helyzetben van az Oncsásza-barlang a Meleg-Szamos völgyében. Az Oncsásza-mező karsztos felszín a fellelgyári terraszok színében,

<sup>1)</sup> L. Dr. ROSKA MÁRTON: A diluviális ember nyomai a csoklovinai Cholnoky-barlangban. (Dolgozatok az Erd. Nemz. Múzeum Érem- és Régiségtárából, 1912, 2. füzet.) Ebben az értekezésben megtaláljuk a felső barlang alaprajzát és hossz-metszetét.

az Oncsásza barlang ezen a szinten nyílt ki s az a temérdek pleisztocén medve, amelynek csontjait a barlangban lehet találni, még kényelmesen juthatott a barlanghoz, az akkor sokkal épebb fellegvári terraszok szintjében. Az alsó barlangot itt nem ismerjük, de a Meleg-Szamosnak az a mészkőbe vágott, felséges szakadékvölgye, amit Szamos-Bazárnak neveztek el a turisták, kétségtelenül felszakadt barlang. Ennek több bizonyítéka van. Ez a vidék barlang-tanulmányozás szempontjából valóban klasszikus.

A révi Zichy-barlang típusos forrásbarlang a Sebes-Körös városi terraszainak szintjében. A patak eredetileg mélyebb szintre kezdett alászállni, eltűnt a barlang alsó repedésein, de mesterségesen visszaszorí-



13. ábra. A csoklovinai barlang környékének vázlatos metszete. 1. Nagy, elhagyott víznyelő barlang. 2. Ponor. 3. Cholnoky-barlang, a fellegvári terraszok szintjében.

4. Patak- illetve Forrás-barlang.

tották, hogy hatalmas, önépítette travertino-sáncain vizeséssel bukjon alá. A barlang nyílása előtt omlásból származó törmelék halmozódott fel, ezt kerülte meg a patak alá felé, mert a törmeléket erősen összecementezte travertinoval s a travertino a folyóba előrenyúló fokot épített. Benn a barlangban is már erős a cseppkőképződés, mert árvizei nem érnek magasra fel. Különösen erősen képződik a cseppkő és a kergesítés a barlang felsőbb, elhagyott üregeiben („Mohamed birodalma”), mert ott már a patak hatása alól teljesen kikerült a barlang. A bejáró egységes, szabályos, nagy folyosója mintegy 50 m hosszú, de aztán mindjárt három felé ágazik, illetőleg jönnek össze az üregek. A déli üreg mintegy 20 m-rel magasabban van (Kálvária) s járhatatlan repedésekben végződik. A középső üreg (Oldalüreg) kezdő stádiumban levő avennak látszik, a



harmadik, az északi üreg a leghosszabb, mintegy 110 m, de ez is mindjárt ketté oszlik, t. i. két emeletre. A felső, (Mohamed birodalom) egészen száraz, temérdek szakadékkal omlik bele az alsóba. Az alsóban fut a patak s ezt is lehet követni, de főképpen a felsőből ismét le lehet jutni a patakhoz s azon felfelé lehet egy darabig menni, de nagyon összeszűkül s repedésekre oszlik fel.

Ez a példa megdönthetetlenül bizonyítja, hogy a forrásbarlangok is kifejlődhetnek, még pedig alulról a folyó mentén fölfelé fejlődő erózióval. Ez minden kétségen kívül megcáfolja GRUND-nak azt a véleményét, hogy minden barlang felülről lefelé fejlődik. A révi Zichy-barlang minden bizonnyal alulról felfelé fejlődve keletkezett s így hatol visszafelé az erózió a felszíni vízfolyások hátráló eróziójának módja szerint. Az is kétségtelen, hogy a völgybevágódás következtében a barlang magasabb szintekről alacsonyabbakra szállt alá. A „Kalvária“ és a „Mohamed birodalma“ nevezetű részek mindenesetre akkor vezették a patakot, amikor még az alsó barlang nem volt kifejlődve, de a Sebes-Kőrös már a terrasz szintjében, vagy azon alul folyt.

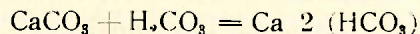
A révi Zichy-barlang igazi emeleti részét, amely a 60 m magas terraszokra szolgálna ki, nem ismerjük, pedig valószínűleg ez volna a legszebb rész.

Nagyon érdemes volna a komplikált Igric-barlang környékének üregeit is áttanulmányozni. A barlangpatak nagyszerű üregből tör elő, a tulajdonképpeni Igric-barlangtól elég távol. A patak hatalmas travertinerakodásai figyelmet érdemelnek, különösen a falu első házai közt.

Általánosságban mondhatjuk tehát, hogy a barlangok szintája a folyó völgyének bevágódásával fokozatosan alásülved, de amikor ez a bevágódás gyors, akkor talán egy ideig a barlang lefelé ható eróziója, tehát a barlangpatak normális bevágódása lépést tud tartani a külső völgy bevágódásával, de rendszeren a sok törmelékkel mozgó, nvilt folyó gyorsabban vágódik be, mint a barlangpatak, ezért a barlangpatak hamar elmarad a folyótól, a barlang fenéke függni kezd a völgy oldalán s a patak vize lassankint a repedéseken mélyebb szintre tűnik el. A karszt-talajvíz felszíne alászáll s a barlang vize eddig a süllyedt talajvíz-felszínig szivárog, vagy csurog le a repedéseken s csak a barlang-talajvíz szintjében indul meg kifelé. Ha aztán a folyó megpihen s nem vágódik tovább be, hanem csak szélesbíti völgyét, akkor a hosszú időre állandóvá vált karszt-talajvíz felszínén ismét új barlang fejlődik ki. A karszt-talajvíz felszíne természetesen a csapadékmennyiség szerint változik, van kisvize és van árvize. A barlang körülbelül a közép-vízállás táján fog kifejlődni, legalább ez a legvalószínűbb.

A barlangüreg kialakításában ugyanis legnagyobb szerepe van a

chemiai oldásnak. Jó lesz ezt a kérdést is itt szigorúan fogalmazni. A mészkő vagy calciumcarbonát ( $\text{CaCO}_3$ ) vízben csak minimálisan oldódik. Ha a vízben széndioxid ( $\text{CO}_2$ ) van elnyelve, akkor ez a széndioxid a víz molekuláival chemiai kapcsolathoz kerül s tulajdonképpen  $\text{H}_2\text{CO}_3$  alakban van jelen. Ez tulajdonképpen az igazi szénsav, a  $\text{CO}_2$  nem viseli jogosan a szénsav nevet. A szénsavas víz már hat a mészkőre s lesz



amit ketté szénsavas mésznek, vagy calciumbicarbonátnak lehet nevezni. Ez a vegyület azonban nem nagyon tartós. Csak akkor marad meg a vízben oldva, ha a vízben még a szükségesnél több  $\text{H}_2\text{CO}_3$  van. Ha ez a vizes oldat most hosszabb ideig levegővel érintkezik, akkor a levegő diffúzió útján kihajtja a vízből a széndioxidot s ezzel a ketté szénsavas mész bomlásnak indul s egyszerű szénsavas mésszé degenerál. Ez már vízben nem oldódik s kicsapódva, lesz belőle cseppkő, vagy travertino, vagy mészkérgezés, ahogy éppen nevezzük.

E szerint tehát a mész oldásához feltétlenül szükséges a széndioxid jelenléte, ezt ma már nem lehet elvitatni s enélkül a mészkő chemiai oldása a természetben lehetetlen.

A legtöbb szénsav a frissen leszállt csapadékvízben van, a legtöbb ilyen víz a középvízálláskor megtöltött réseken húzódik keresztül, mert leggyakrabban itt van a karszt-talajvíz felszíne (azért mondjuk közép-vízállásnak) s éppen a karszt-talajvíz felszínén van a legfrissebb, legszénsavasabb víz.

Bátran mondhatjuk tehát, hogy a barlang mindig a közepes karszt-talajvíz-állás mentén képződik. A közepes karszt-talajvíz-állás pedig az erózió bázisának süllyedésével szintén süllyedni fog, ezért a barlangképződés a hegyben mindig lejjebb és lejjebb száll, de csak ott fejlődhetik ki barlang, ahol a közepes karszt-talajvíz-állás hosszú ideig állandó marad.

De a karszt-talajvíz-állást megváltoztatják más tényezők is.

#### IV. A barlangok átalakulása más tényezők változása következtében.

A barlangok átalakulásának egyéb tényezői közül először nézzük azokat, amelyek a karszt-talajvíz szintjének megváltoztatását okozzák.

1. Ezek közül az első a csapadékmennyiségének megváltozása. Amióta Földünkön szigorúan tanulmányozzák a csapadékmennyiséget, azóta nem sikerült semmi lényeges, állandó változást kimutatni. Így tehát az utóbbi évezredekben ilyenféle változások hatásáról sem tudhatunk semmit.

Geológiai tanulmányok kétségtelenné teszik, hogy a csapadék a pliocén-korszak óta sok helyen megváltozott. Hazánkban ma már bizo-



nyos, hogy azóta megszorodott. Ennek kétségtelenül az a következménye, hogy a karszttalajvíz felszíne is emelkedett azóta. Ennek következtében a barlangoknak is felsőbb szintekre kellett volna visszatérnie. Ilyenféle tüneteket azonban bajos kimutatnunk, mert az erózióbázisának, a folyók bevágódása következtében beállott süllyedése sokkal nagyobb hatást okozott, amely mellett a másik egészen eltűnik.

2. Sokkal jobban tanulmányozható és érdekesebb is az a jelenség, hogy a karsztos felvidékre idegen területekről odajutó folyók hidrológiájában történhetik lényeges változás. Jöjjön pl. valamely folyó homokkőterületről mészkőterületre s ott tűnjék el. Ennek a normális folyónak megváltozhatnak a vízmennyisége annak következtében, hogy vízgyűjtő területének nagysága változott meg. A ponor- vagy víznyelő barlang méretei tehát igen gyorsan megnövekedhetnek, ha az idegen területről jövő patak vízmennyisége pl. területhódítás következtében megszorodik. Az ilyen, törmelékkel dolgozó pataknak nagyon erős az erózió hatása, tehát a barlangot gyorsan fogja mélyíteni s az egyszerű, boltozatos üreg helyett, rettentő magas, keskeny hasadék nyeli el az idegen patak vizét. Orsovától nyugatra a Dubovai patak víznyelő barlangja ilyen óriási, többször megváltozott és alászállt hasadék, de különösen egy víznyelőt lehet látni, amely valószínűsége keskeny hasadék, de szinte félelmetesen magas. Itt az idegen patak vízmennyiségének megszorodásáról és a víznyelő barlang szintjének alászállásáról van szó, anélkül, hogy a hozzátartozó forrásbarlang szintje a Kazán-szorosban csak a legkevésbé is változtatta volna szintjét.

A St. Kanziani barlang, a Reka víznyelő barlangjának is innen származnak óriási méretei.

A patak vízmennyiségének hirtelen megnövekedése esetleg a barlang túlfejlődésére és felszakadására vezethet. A Torda-hasadék valószínűleg éppen a Hesdát-patak vizének erős megszorodása következtében keletkezett, eredetileg átmenő barlang beomladozásával. A Balika-vára nevű oldalbarlangok szintje tanúsítja, hogy hol volt a barlang legalsó fenék-szintje hosszú ideig.

Ha az idegen területről jövő patak esetleg más irányba veszi az útját, pl. valamely más folyó lefejezi, akkor a víznyelő barlang üresen marad, a karszttalajvíz felszíne gyorsan alászáll, mert a patak többé nem táplálja s akkor új barlang keletkezik, sokkal mélyebb szinttájon, de a forrásbarlang helyzete nem változik meg. A csoklovinai barlang fölött levő, hatalmas, de ma üres ponoricsi víznyelő barlangra gondoljunk.

3. A karsztos felvidék beerdősítése, vagy az erdő kipusztítása szintén jelentős változásnak lehet az oka. Erdős talajon a csapadékvíz lassabban tűnhetik el a mészkő repedéseiben, mint kopár talajon. E miatt

erdős karszt belsejében a karsztalajvíz felszínének sokkal mérsékeltebb ingadozása van, mint az erdőtlen karsztban. Ez pedig a közepes víz-állásra is befolyással van. Az erdő-talajon át beszivárgó víz mindenesetre sokkal több szén-savat vihet magával, mint a kopár talajon eltűnő víz.

A barlangok egyéb átalakító tényezői közül fel kell említenem a cseppkőképződést is. Az elhagyott barlangok menyzetén átszivárgó víz a menyzetről lefüggő (sztalaktit) és a fenéken feltornyosuló (sztalagmit) cseppköveket állít elő, de azonkívül vastagon kérgesít is. Lassankint a barlangok egészen betelnek s megszűnnek. Diósgyőr közelében a nagy mészkőfejtőkben láttam ilyen, cseppkövekkel teljesen kitöltött barlang-üregek átmetszeteit. A cseppkőképződés eléggé tisztázott és megvilágított tünemény, nem kell itt külön szólnom róla.

Végre fel kell említenem azt a tüneményt, amelyre különösen SAWICKI helyezett nagy súlyt. Ez a karszt-felvidék eltömődése. A mészkőben ugyanis mindig vannak agyagos részek s a mészanyag kémiai kioldása után mindig hátramarad a vízben oldhatatlan agyag. A mi adriai karsztunkon ezt az agyagot vörös színe miatt terra-rossának nevezik. Ez tömi el a dolinákat s felhalmozódik a karszt alacsonyabb vidékein, sőt még környezetében is. Meg kell jegyezni, hogy pl. az isztriai hatalmas terra-rossa takarót nem tartom egészen karszt eredetűnek, hanem jókora részben subaerikusnak, de erről most nem lehet bővebben szólnunk.

Azt hihetné valaki, hogy a karsztfelvidék pusztulásával ez az agyag-takaró fokozatosan úgy megvastagodhatik, hogy a mészkövet egészen betakarja, s akkor aztán a víz nem tud eltűnni, felszíni vízfolyások keletkeznek s a karszt-tüneménynek vége van. SAWICKI így képzei a karszt elöregedését.

Teljesen téved ebben a dologban. Ha a felszínen annyi agyag halmozódott fel, hogy elfedi a karsztot, akkor megindulnak a felszíni vízfolyások, megindul az egész felszíni denudáció s hamar elpusztul ez a takaró; ismét felszínre kerül a mészkő s a karsztos jelenségek vigan folynak tovább. De gondoljuk meg, hogy a terra-rossa csak akkor tud szaporodni, ha a víz oldja a felszíni mészkövet. Amint az agyag takarja a mészkövet, az oldás lehetetlen, tehát a terra-rossa nem fog többé szaporodni s a denudáció azonnal megint lepusztítja az éppen takaró agyagot, tehát rögtön újra kezdődik a karszt-jelenség. Circulus vitiosusba keveredik bele ez az elmélet, mert lehetetlen, hogy az a tünemény (az agyag felhalmozódása) ami csak karsztosodással keletkezik, éppen a karsztosodást szüntesse meg. Abban az esetben azonban, ha a terra-rossa más eredetű s nem a karsztosodásból származik, akkor igenis megszüntetheti a karszt-jelenséget. Ha pl. egy magasabban fekvő karsztos területről lehordja a víz a terra-rossát, az alacsonyabb karsztos területre,



akkor megakadhat az alacsonyabb területen a karsztosodás további folyamata. Ugyancsak ez a tünetény áll elő, ha subaerikus eredetű a vörös agyag. De még így is nagyon bajos elképzelni a dolgot. A subaerikus és a más helyről származó vörös agyag csak abban az esetben halmozódhatik föl, ha nincs erős felszíni erózió. Amíg a víz a mészkő repedéseiben tűnik el, addig nincs felszíni erózió s szélvédettebb helyeken, dolinákban, uvalákban, poljékban stb. felhalmozódhatik a terra rossa, de ez még a dolinák további rogyását sem akadályozza meg! Igaz, hogy a dolinákban a felhalmozódott terra rossán megállhat a víz ideiglenes tó alakjában, de ezzel a dolina működése nincs fennakasztva, amint azt ezer és ezer példa mutatja! A dolina levezető csatornájának nem a dolina csészéje a vízgyűjtője, hanem a dolina széles nagy környéke.

Eszerint tehát a karszt öntermelte detritusával el nem tömődhetik s a karsztbarlangokban ilyen okból változás nem állhat elő.

Nagyon érdekes még a tektonikus változásoknak a befolyása s csak fölvetem a kérdést, hogy erősen elkarsztosodott mészkőterületeknek fiatalabb flissel való összegyűrődése nem játszhatik-e szerepet a szirtképződés tünetényében?

### Osszefoglalás.

Mindezeket összefoglalva felvethetjük mármost, van-e a barlangoknak valami normális és abnormális fejlődése? A barlangok fejlődése és az általános karsztjelenség fejlődése közt micsoda összefüggés van?

Kétségtelen, hogy változatlan erózióbázisú karsztos felvidéken, amint a barlangok fejlődését 10. ábránk bemutatja *juvenilisnek* nevezhetjük azt a barlangot, amelynek víznyelő és forrásbarlangja még nincs járható, egy főágú, igazi barlanggal összekötve. Amint ez az összeköttetés megvan, a barlangot *maturusnak* mondhatjuk. *Senilis* barlang tulajdonképpen nincs, mert a barlang fejlődésének végstádiuma a nyílt völgy. Ha igen sokáig állandóak maradnak a külső körülmények, feltétlenül be fog következni a barlang fölszakadása, a szakadékvölgy keletkezése, mert minden tényező erre felé törekszik: minden dolina, minden aven, minden zápor, minden árvíz a barlangban ezt munkálja, sőt ugyanezt mondhatjuk minden leszivárgó esőcsöppről, viszont olyan tényező, amely a barlang fedettségét elősegitené, nincsen, azért okvetetlenül felszakadás lesz a vége s a barlang nyílt völgygé alakul, csak elegendő hosszú időt kell felvenni.

Ez a barlang normális fejlődésének módja.

Ha az erózióbázis hirtelen alászáll, a barlang kiürül s a cseppkövek

ellepik, ez abnormális fejlődés. A fejlesztő tényező, a patak munkája, megszűnt dolgozni, a barlang normális fejlődése megakadt, éppúgy, mint annak a völgynek fejlődése, amelyet elhagyott a folyó. Az ilyen völgyet a törmelék feltölti, elegyengeti. Az ilyen barlangot a karsztvíz hordaléka, a kicsapódó szénsavas mészbetemeti, „elegengeti”. Ez abnormális fejlődés.

A karsztosodás fejlődéséről ugyanezt mondhatjuk. Amíg a karsztos hegy belsejében nincsenek maturus barlangok, addig a karsztot juvenilisnek nevezhetjük. Amint a maturus barlangok rendszeren lecsapolják a vizét, akkor a karsztot is maturusnak mondhatjuk, de a karszt senilitása ugyanaz, mint bármely más térszín szenilitása, tehát a senilis völgyekkel való szétvagdosás.

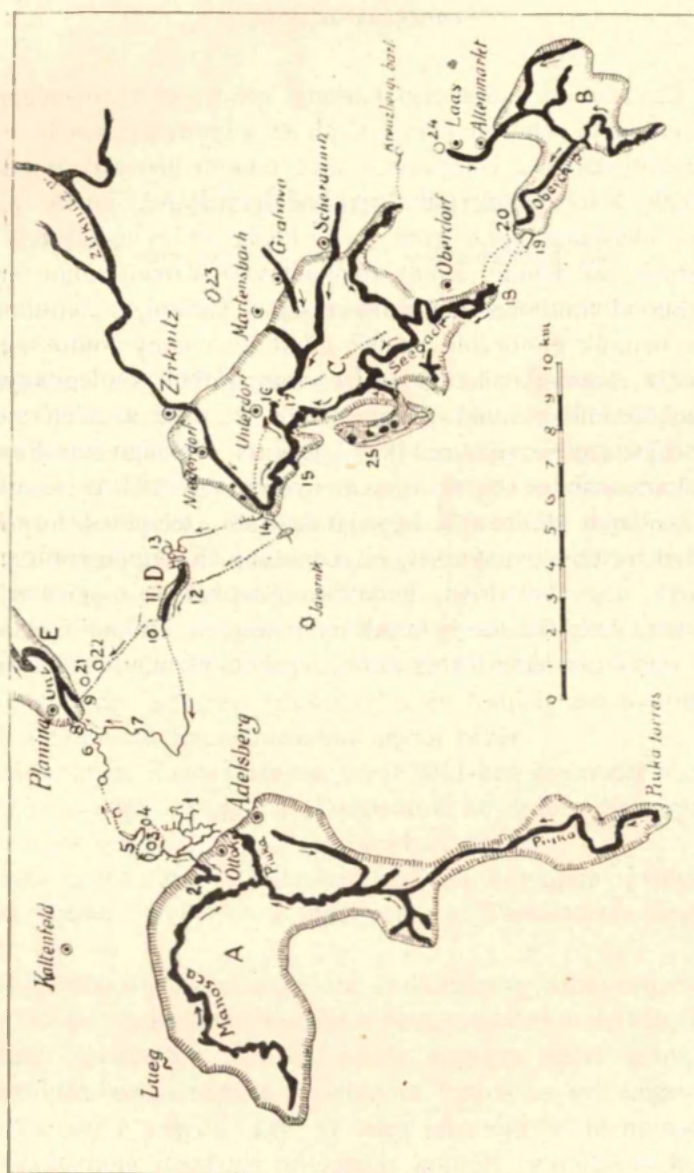
Az idegen helyről származó törmelékkel való eltemetetés nem szenilitás, hanem, hogy némileg tréfásan jellemezzem, betegsége a karsztnak, de ebből könnyen kigyógyul, amint a denudáció annyira előrehaladt, hogy a törmelék ismét lepusztul s többé nem is kerülhet a karsztra, mert termőhelye is lepusztult.

A karsztos terület normális fejlődésének vége sem lehet más, mint hogy a hegytömeget lehordja a denudáció az erózió bázisáig. Csakis akkor szűnik meg a karsztosodás lehetősége.

De a lepusztulás másként megy. Különösen elütő a normális területekkel szemben a *polje-képződés*. Ma már úgy látszik, kétségtelen, hogy a karszt-poljék különböző eredetűek, de nagy részük tektonikus besűlyedés. Helyesen mutat rá GRUND, hogy ilyen besűlyedések vannak nem karsztos területeken is, csak hogy ott ezeknek zárt jellegét elmossa a felszíni erózió. Abban nem értek egyet GRUND-dal, hogy okvetetlenül tőképződés járna az ilyen besűlyedéssel, normális területen. Erre a feltevésre semmi szükség sincs, mert ha a besűlyedés elég lassú, az erózió lépést tud vele tartani s állandóan lecsapolva tudja tartani a horpadást s már „in statu nascendi” annyira elmossa konturáit, hogy csak a geológus ismeri föl. Akárhány ilyen kisebb-nagyobb sűlyedt medencét lehet felismerni minden hegyvidéken, de csak gondos tektonikai vizsgálatok alapján. Ezzel szemben a karsztos besűlyedések zárt formája sokáig fennmarad s csak a karsztos felvidék túlfejlődésével tárnak föl, amikor t. i. a barlangok felszakadnak.

Igen jellemző az ilyen alakulásokra Adelsberg és Zirknitz vidéke, mert itt hatalmas tektonikus besűlyedések kombinálódnak barlangszakadékokkal és földalatti vízfolyásokkal. (14. ábra). Semmi sem mutatja jobban a karsztos felvidék szinte labirintikus vízhálózatát, mint ez a vidék. A 14. ábra természetesen csak egészen közelítő fogalmat nyújthat róla, mert hisz a földalatti vízhálózatot csak egészen kis részleteiben.





14. ábra. Adelsberg és Zirknitz környékének hidrográfiai hálózata Martel után. A adelsbergi polje, B laasi polje, C Zirknítzi-tó, D a Rak-patak beszakadása, E az Unz völgye (planina). 1. Adelsbergi barlang, 2. Cserni-patak, 3. Magdalena-kiértő, 4. Cserna-jama (fekete-barlang), 5. Pinka-jama, 6. A Pinka egyik ága, 7. a Zirknítzi-tó lefolyásának egyik ága, 8. Kleinhäusel-barlang, 9. Mühlthal-forrás, 10. A Rak-patak víznyelő-barlangja, 11. Természetes hid, 12. A Rak-patak forrása és beszakadása, 13. Windisch-Grätz-barlang és természetes hid, 14. Karlovca-barlang, 15. Szucha-Dulesa-barlangforrás, 16. Vodanos és Reseta víznyelők, 17. Retze-víznyelő, 18. Sebach-i-forrás, 19. Golobina-barlang, 20. az Oberchbach víznyelő-barlangja, 21. 1893-ban felfedezett aven, 22. Nagy-Kolesivka-aven, 23. Szlivnica-ponor, 24. Mrzla-jama, forrás-barlang.

ismerjük. Egyedül az Adelsbergi barlang rendszere van eléggé jól feltárva, de majdnem teljesen hiányzik pl. az a rendszer, amely a Zirknitzipoljét összeköti az Unz völgyével s még inkább hiányzik minden ismeretünk annak a területnek földalatti hidrografiájáról, amely a zirknitzipolje és az adelsbergi polje közt van. Pedig itt is nagyszerű földalatti vízrendszernek kell lennie, amint arról a Javornik nevű ponor tanuskodik.

Az elmondottakból következik, hogy a barlangok tanulmányozása nemcsak a bennük előforduló leletek miatt igen nagy fontosságú a tudományra nézve, hanem fizikai földrajzi szempontból is a legnagyobb mértékben megérdemlik a beható tanulmányozást, mert az illető vidék fejlődésének történetére nézve is rendkívül jelentős felvilágosításokkal szolgálhatnak, a karsztosodás egyéb tünetményeivel együtt. Az ősember lakóhelyének s a mai időkben a legsajátságosabb település formáknak és életmódoknak otthona, a karszt és a barlang a legnagyobb mértékben érdemes arra, hogy behatóan, genetikus mivoltában megismerjük s bár ez igen nehéz, veszedelmes és fáradságos mégsem szabad visszariadnunk tőle, mert viszont a legérdekesítőbb, legtöbb váratlan felfedezéssel kecsegtető munka.



## A Csoklovinai barlang.

(2 szövegek közti képpel és 1 térképmelléklettel.)

Irta: SCHRETER ZOLTAN dr.

A Csoklovinai barlang Hunyadmegyében Hátszegtől kb. 14,5 km-nyire keletre Lunkány község határában fekszik, közelebből Lunkánynak Csoklovina nevű falurésze közelében, a Lunkányi völgy fejében. A barlangot eddigelé különböző néven, Lunkányi-barlang, Irma-barlang, Cholnoky-barlang stb. néven említették az irodalomban. Ujabban azonban általában csak mint *Csoklovinai barlangot* emlegetik s ezért ezen a néven nevezem a jelen leírásban magam is.

Az azelőtt jóformán ismeretlen barlang az utóbbi időkben szélesebb körökben fölkelte a tudományos, valamint a műszaki körök figyelmét, a benne eltemetett ősemberi kőeszközök, és őszálatti csontok, de főképp a benne fölhalmozódott foszfáttartalma agyag révén.

A barlangban ROSKA MÁRTON talált 1911-ben ősemberi kőeszközöket és őszálatti csontokat. Leleteit a „Dolgozatok az Erdélyi Nemzeti Múzeum Erem- és Régiségtárából” című folyóiratban írta le.<sup>1)</sup>

A barlang foszfátot tartalmazó kitöltési anyagára pedig elsőízben HORUSITZKY HENRIK hívta föl a figyelmet, a Természettudományi Közlönyben.<sup>2)</sup>

A világháború megindulása óta a műtrágyagyártás céljaira eddig kizárólag külföldről beszállított foszfátok behozatala szünetelvén, különböző érdekeltségek igyekeztek idehaza nyers anyagra szert tenni, hogy az ország mezőgazdasága részére az annyira fontos és szükséges műtrágya termelését lehetővé tegyék. Így az elég jelentékeny mennyiséget ígérő Csoklovinai barlang foszfátos anyaga is komoly számításba kerülván, a „Műtrágyát Értékesítő Szövetkezet” s a „Hungária Műtrágyagyár” R.-T. megbízásából megvizsgáltam a Csoklovinai barlangot; foszfátos anyagát igyekeztem a rendelkezésemre álló eszközökkel felkutatni s mennyiségét lehetőleg pontosan fölbecsülni.

Hogy e vizsgálat révén a barlangról szerzett tapasztalatok a tudo-

<sup>1)</sup> ROSKA MÁRTON: A diluviális ember nyomai a csoklovinai Cholnoky-barlangban. (Dolgozatok az Erdélyi Nemzeti Múzeum Erem- és Régiségtárából 1912. 2. f.)

<sup>2)</sup> HORUSITZKY HENRIK: Barlangjaink újabb kiutazása. (Természettudományi Közlöny. 43. kötet, 1911. 716. oldal.)

mány részére ne vesszenek kárba, a „Barlangkutató Szakosztály“ elnöksége fölkérte a „Hungária Műtrágyagyár“ igazgatóságát, engedné meg, hogy a barlangnak a szakvéleményemen alapuló leírását a „Barlangkutatás“-ban közölhessem. Az Igazgatóság nemcsak a cikk, hanem a barlang általam fölvetett helyszínrájzának közlését is a legelőzékenyebb módon megengedte, miért is fogadja a Szakosztály őszinte köszönetét.

A cikkben elsősorban a barlang környékének a földtani viszonyait óhajtom röviden vázolni, azután rátérek a barlang kialakulásának történetére, majd a barlang részletes leírását közlöm, végül a benne felhalmozott foszfátos anyag előfordulására, valószínű eredetére, mineműségére és mennyiségére nézve óhajtok adatokkal szolgálni.

**A barlang környékének földtani viszonyai.** A terület alapkőzete a barlang közelében *gránit*. Kissé északabbra már *gneisz* és *csillámpala* uralkodik a Lunkányi völgy és mellékvölgyeinek lejtőin. Erre *fehér*, vagy *világosszürkés mészkő* telepszik,<sup>1)</sup> amelynek alsó része kétségtelenül a felsőtithonba (Strambergi rétegek) felsőbb része pedig az urgon fáciesű alsó krétába, az alsó neokomba tartozik. A mészkőtömeg azonban teljesen egységes, a két emelet között határt, mint Délmagyarországon általában, megállapítani nem lehet. Az alsókréta t. i. éppen olyan fáciesben, korallogén és zoogén fáciesben fejlődött ki, mint a felsőtithon s az átmenet észrevétlen. A rétegezés néhol jól felismerhető, másutt elmosódik. A barlang közelében általában DK-re (10)<sup>h</sup> 40<sup>a</sup>-nyira dülnek a rétegei. Ezenfelül a mészkő erősen repedezett is, ami a barlangképződést elősegítette. A barlang környékétől távolabb, délebbre, Ohábonor, Fegyver, Füzesd körül nagy elterjedésben lép föl a felsókréta homokkő. Ugyanez a homokkő szerepel Csoklovinattelep környékén is, ahol a gránitra és gneiszre közvetlenül rátelepülve található. A homokkő, amely HALAVÁTS szerint szintén dél felé dül, a régibb tithon — alsó neokom mészkő felé egy vetődéssel határolódik. Ezen a vetődési vonalon lép ki a mészkőből a Lunkányi völgy forrása.

**A terület mai arculatának (morfológiájának) kialakulása.** A felső tithon és a kréta rétegek, a legfelső krétát, a danien emelet üledékeit kivéve, sekélyvizű tengerben képződtek. A felsókréta végén az egész terület emelkedett s e közben egyes vetődések mentén összetöredezett. A danienben a hegyvidék már szárazon állott s a képződött mélyebb medencékben szárazföldi (kontinentális) és édesvízi üledékek halmozódtak föl. Az

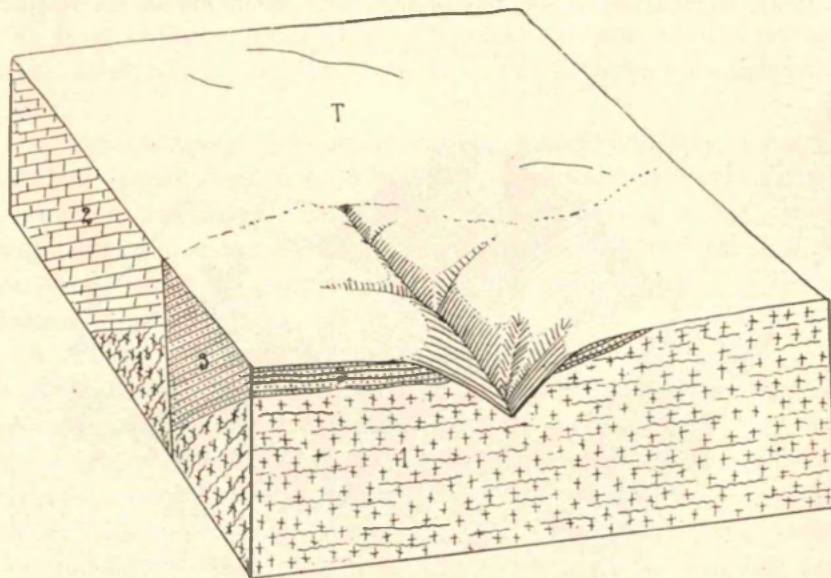
<sup>1)</sup> L. HALAVÁTS GY.: Az ohábonori krétaterület. (A m. kir. Földtani Intézet Évi Jelentése 1897-ről. 99. oldal.)

HALAVÁTS GY.: A hunyadmegyei Újgredistye, Lunkány, Hátszeg környékének földtani viszonyai. (A m. kir. Földtani Intézet Évi Jelentése 1898-ról. 96. oldal.)



óharmadkorban területünk szintén szárazon állott, s jelentékeny mérvű denudációnak volt alávetve. A nagy Sztrigy-öblöt ezután a fiatalabb harmadkorban tenger, nevezetesen az aquitánien, alsó, felsőmediterrán és szarmata emeletek tengerei borították el s ebben az időben képződhetett a terület mészkövén ma látható fensík.

Az eredetileg jelentékeny magasságra egyenetlenül föltornyosuló mészkőhegység a fiatalabb harmadkor első időszakán át a denudáció,



1. ábra. A csoklovina-i barlang környékének geológiai és morfológiai tömbdiagrammja.

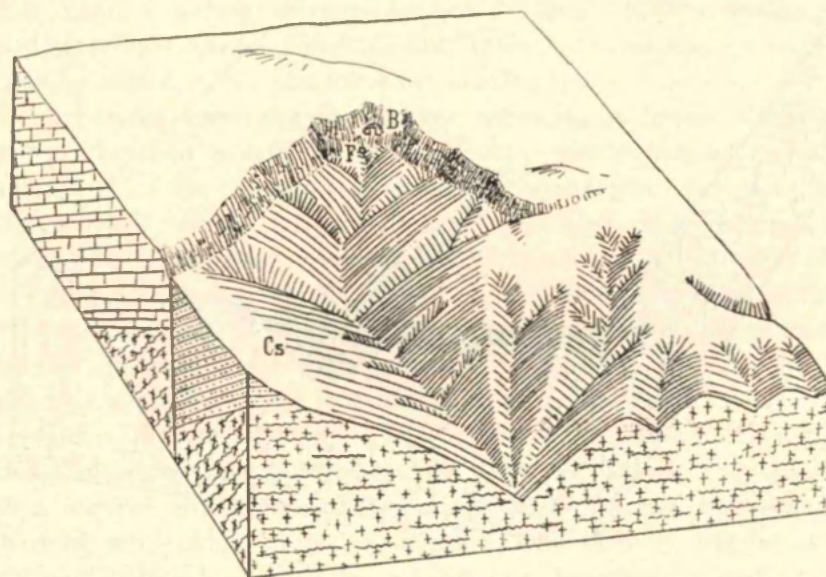
1. Gránit és gneisz. 2. Tithon-alsóneokom mészkő. 3. Felsőkréta homokkő.

T = Tönkfelület (peneplain), amely a valószínűség szerint a miocénben képződött. Az ábra a pliocénkori valószínű állapotot ábrázolja, amikor az erózió erőteljesen kezd belevágódni a tönkfelület homokkő és gránit-gneisz alkotta részébe. A hátráló erózió eljut végül a mészkőig.

közelebből főleg a vegyi oldódás (korrózió) útján lassankint egy közel egyenletes síkká, tönkfelületté (*peneplainné*) lekopott a fiatal harmadkor tengereinek szintje által megadott erózió-korrózióbázis szintjéig. Természetesen evvel egyidejűleg a felsőkréta homokkővön s a graniton-gneiszon is kialakult vele egy szintben a tönkfelület. A ma látható fensík ennek az egykori tönkfelületnek, peneplainnek a maradványa. A tönkfelületnek szegélyeig érhettek az illető korok tengereinek szélei, amelyek a tönkfelület akkori erózió és korrozióbázisául szolgáltak.

A fiatal harmadkor végén azonban területünk megint emelkedett, a tenger visszavonult, az erózió s a korrozió nagy erővel kezdte meg le-

hordó munkáját. Az erózió a kristályos palák, a gránit s a kréta homokkő területén mély árkokat, völgyeket vájt, vele egyidejűleg pedig a mészkő területén a csapadékvíz oldó munkáját, a korróziót kezdte meg. A denudáció erőteljes előhaladásával kapcsolatban a mészkőplató egy része fokozatosan eltávolított, úgy hogy ma csak egy erősen megszagatott mészkőtakaródarabot látunk a gránit és kristályos palák fölött (1. ábra). A grániton s a kristályos palákon morfológiai érett térszíni arculat alakult ki. A mészkőplató a denudációval szemben másképen viselkedik.



2. ábra. A Csoklovina-barlang környékének mai képe. Cs. = Csoklovina-telep; F = A nagy karsztforrás; B = Barlang. A grániton-gneiszon s a felsőkréta homokkővön fiatal és részben érett térszíni forma alakult ki. A mészkőplató megmaradt részén hiven megőrizte a régi tőnkfelület formáját. A gneiszon s a homokkővön csak csekély részletei láthatók még.

A hátráló erózió következtében fokozatosan kisebbedő mészkőplató szélei meredek sziklafalakban emelkednek ki a gránit alaphegység fölött, különösen a Lunkányi patak forrása s a barlang táján függélyes, 250 m-nyi magas sziklafalban tornyosulnak égnek a mészkősziklák. (2. ábra).

**A barlang képződése.** A mészkőplatóra lehulló csapadékvíz oldó hatása az újból meginduló korrózió következtében a mészkő felső részén mélyedéseket, töbröket hozott létre, a mészkőtömeg helsejében pedig a repedések mentén a csapadék s a folyóvíz oldó és erodáló hatása következtében üregek, barlangjáratok keletkeztek az akkori erózióbázis által megszabott magasságban. Az erózióbázis mélyülésével az eróziós árkok



fokozatosan mélyebbre vágódtak s a mészkőtömegben is mélyebbre s még mélyebbre hatolt a korrózió s az erózió. Eme mélyebbre hatolásokkal egyidejűleg mind mélyebben fekvő barlangszakaszok, üregek vájódtak ki. A regebbi erózióbázis által kijelölt magasságban nyílt barlangok, amelyek tehát az egykori legalacsonyabb térszínre nyíltak, ma magasan a mai eróziós völgyek feneke felett a hegyoldalon nyílnak a külszínre. Ilyen régi, a korroziótól s eróziótól ma már teljesen elhagyott barlangjárat a szóbanforgó Csoklovina barlang is. A barlangnyílása alatt kb. 90 m-rel nyílik a mai eróziós völgyfenék fejében az új barlangjárat nyílása, amelyből a Lunkányi patak vize hatalmas forrásként bukkan elő.

A tulajdonképeni Csoklovina barlang kétségkívül még a fiatal harmadkorban, annak vége felé, körülbelül a pliocénben képződhetett. A pliocénben a mélyebbre szálló erózió következtében, a felső barlang szárazra került s benne a pleisztocén állatai és ősemberei találtak menedéket, amelyeknek a csontjait, illetve kőeszközeit ma a barlangban találhatjuk.

A Lunkányi völgy búvópatakja. Mint említettem, 90 m-rel a Csoklovina barlangnyílása alatt a Lunkányi völgy fejében egy eléggé tágas barlangból hatalmas patakként bukkan ki a Lunkányi völgy vizének főforrása. Ez a barlangjárat genetikailag összefüggésben van a felső barlangjáratral, miután ugyanaz a földalatti vízfolyás mélyítette ki mindkettőt. A felső barlangjárat még régebben, a pliocénben képződött, amikor a Lunkányi völgyfő feneke legalább 100 m-rel magasabban volt, a mai völgyfőfenék fölött. Az erózió mélyebbre árkolódásával kapcsolatban a barlangi erózió is mélyebbre hatolt, új járatok keletkeztek a pleisztocén folyamán át, míg végre a mai állapot állt elő.

Az a földalatti patak, ami a mai s az egykori barlangjáratokat, mint főágens létrehozta, amint ezt már HALAVÁTS<sup>1)</sup> leírja, annak a két pataknak vizéből származik, amelyek Ponorics teleptől K-re a kristályos palákon fakadnak, a mészkő területre jutva abban eltűnnek, a földalatt egyesülnek s ma mint a Lunkányi patak forrása újból a napfényre bukannak. A forrás, helyesebben búvópatak tulajdonképpen annak a vetődési vonalnak mentén bukkan ki a mészkőből, amelyen az alsókréta mészkő és a felsőkréta homokkő érintkeznek egymással. A Lunkányi patak forrásának barlangja tágas bejáratral torkollik a külszínre; ezt a barlangot — sajnos — nem járhattam be, s így róla mitsem közölhetek. A forrás hőmérsékletét 7 C°-nak mértem 1916. márciusában. A patak a barlangnyílásból kilépve néhány m-en át vízszintesen folyik, majd sellőken át rohan le a völgy mélyebb része felé. A mintegy 150 m-nyi sellős, kata-

<sup>1)</sup> HALAVÁTS Gy.: I. c. 100. old.

raktás szakasz kb. 25 m-rel szállítja mélyebbre a patakvizét. A patak medre az első sellőnél kb. 2·5 m széles és kb. 0·3 m mély. Ha a víz sebességét sec.-kint 1 m-nek vesszük, akkor másodpercenként 7—7·5 m<sup>3</sup> víz folyik le. A lefolyó vízmennyiség tehát jelentékeny energiát képvisel.

**A barlang leírása.** A barlang a Lunkányi völgy fejében, a patak-ként előtörő forrás fölött 90 m-nyire a meredek felsőitthon mészkő-sziklafal oldalában nyílik. A buvópatak napfényre bukkanásától ma kényelmes szerpentinut vezet föl a barlangszájáig. A barlangnyílása kb. 3 m széles, 3 m hosszú, s 2—3 m magas fülkészerű mélyedés, amelynek az északkeleti oldalában egy keskeny rés nyílik, a tulajdonképeni bejárat. A barlang a kisebb kanyarodásoktól eltekintve, általában délfele halad a mészkő tömegében. Főjárata, a közép vonal mentén mérve 42·5 méter hosszú. A barlangjáratok néhol csak keskeny és alacsony, de többnyire szélesebb folyosók, míg másutt tágas és magas termekké szélesednek. A barlang mai fenéke kevésbé hepehupás s uralkodólag 7—10—16 m-rel mélyebben fekszik a mai bejárat alatt. A barlang igazi sziklafeneke, eltekintve az első 20 m-nyi szakasztól, amely az első terembe vezet, jóformán sehol sem látható. A barlangjáratok t. i. részben a mennyezetről lehullott kőtörmelékkel, részben cseppkővel és laza mészkarbonát réteggel, részben pedig foszfáttartalmu barlangi agyaggal vannak feltöltve. Alárendelten a barlangon egykor átfolyó s a barlang kiválásához lényegesen hozzájáruló pataknak hordaléka, homokos kvarckavics és kvarchomok is észlelhető. Ez utóbbiakat azonban csak egy helyen, a második terem fenekén észleltem, egy ott lemélyített gödör fenekén.

A barlang hosszát egy 30 m-es és 5—5 m-es közökben megjelölt mérőzsineggel mértem le, a szélességet pedig általában 5—5 m-enként mértem le egy 2 m-es karó segítségével. Az irányokat bányász iránytűvel mértem le. A fenékmagasságokat a bejáráshoz viszonyítva Orowán BERTHOLD úrral, a „Hungária Műtrágyagyár R.-T.” mérnökével csak szabad szemmel közelítőleg becsültük le. A mennyezet magasságokat pedig csak helyenkint becsültük meg. Ezeket szem előtt tartva, a mellékelt térszínrajzomat csak közelítő vázlatnak tekintem, amely különösebb pontosságra számot nem tart. Mindemellett, mivel előreláthatólag hosszabb időn át tudományos céllal a barlangban részletes fölméréseket végezni nem lehet, egyelőre tájékozódás végett érdemes a közlésre, ami azonkívül a jövő kutatóinak is jó szolgálatot tehet.<sup>1)</sup> Különösen a fenék és

<sup>1)</sup> Megjegyzem, hogy térképem készítése alkalmával még nem ismertem, csak utóbb, e cikkem írása közben ismertem meg ROSKA cikkét, térképét és szelvényét. Egyideig haboztam, vajjon közzé tegyem-e térképemet. A térképeink t. i. egészen egyeznek, mintán úgy látszik, kb. egyforma pontossággal mértük föl a barlangot. A szerkesztőség kíváncsnak tartotta a közlést.



mennyezetmagasság fölmérése dolgában kívánatos pontosabb fölvétel. Miután a barlangban csak négy napot töltöttem és sokoldalúlag voltam elfoglalva, sajnos, pontosabb mérés végzésére nem volt időm.

A könnyebb tárgyalás kedvéért a barlangot öt szakaszra osztom, amely szakaszokat a mellékelt térképen is megjelöltem. Ezeket a szakaszokat külön-külön ismertetem.

*I. szakasz.* A barlang kb. 850 m magasságban 3 m széles, 3 m hosszú kis fülkeszerű előcsarnokkal kezdődik, amelynek DK-i sarkából egy keskeny folyosó nyílik. A bejárat fölött levő sziklák nem függenek elég szilárdan, úgy hogy alkalmilag bekövetkezhető sziklaomlástól tartani lehet. Ha a barlang akár a szakemberek, akár a turisták látogatásának előmozdítása, akár egyéb ok miatt feltáratnák és rendeztetnék, ajánlatos lenne a lazán álló szikladarabok lefejtése, vagy lerobbantása. Azt hiszem a mai bejárat nem volt mindig az igazi bejárata a barlangnak, amelyen át a pleisztocén ősemberei és ősállatai a barlangba jutottak. A ma már eléggé járhatóvá tett keskeny és meredek lejáró épenséggel nem lehetett nagyon csábító útvonal. Ez a nyílás csak egy mellékjáratnak a külszinre nyílása lehetett, amely csak jóval később, sziklaomlás által került a külszinnel összeköttetésbe. A barlang eredeti bejárata — azt vélem — az első teremből NyÉNy felé irányuló, s a mai bejáratnál kb. 12 m-rel mélyebben fekvő mellékjárat lehetett, ami a térképen mint első mellékjárat szerepel. Ezt a bejáratot azonban úgy látszik, későbbi sziklaomlás egészen elzárta.

Az egykori bejárat mögött levő keskeny mellékjárat ürege nagyobb-részt fel is töltődött utóbb foszfáttartalmu barlangi agyaggal, úgy hogy csekély 12 m-nyi távolságra a lehajló mennyezettel összeér a feltöltődés.

Az előcsarnokból nyíló keskeny folyosó, alig 1 m széles, 10 m hosszú s ÉK-i irányban lefelé húzódik. A végén, ahol egy kissé kitágul, kb. 8 m-rel van mélyebben a bejáratnál. Innét erős szög alatt DDK-nek visszafordul, fokozatosan tágul s egyszersmind lankásan lefelé halad. A külszintől számítva 27 m-nyi távolságban a barlangfenék kb. 10·5 m-rel van mélyebben a bejáratnál.

Itt a barlangjárat tágas és magas teremmé szélesedik; ez az *első terem*. Ennek hosszúsága 20 m, szélessége 10—20 m között ingadozik, a feneke K-ről—Ny felé lejt. A terem nyugoti szélében egy melléküreg nyílik ENy felé kb. 10 m hosszúságban s átlagosan 4 m szélességben. (*Első melléküreg.*) Mint fentebb említettem, alighanem ennek a külszinre nyílása lehetett egykor a barlang eredeti bejárata.

A barlang szájától az első terembe vezető megtört folyosó feneke szálban álló szikla, de a nagy teremhez közeledve már kőtörmelékkel borított. A nagy terem fenekének legnagyobb része ugyancsak kőtörmelékkel borított. Csak a délnyugati sarkán észlelhető egy kevés

foszfáttartalmu agyag. Az ÉNy felé nyíló első melléküreg szintén tartalmaz kevés foszfátos agyagot. A terem közepén mélyítetttem az *I. számú kutatógödrt*. Itt kb. 1 m mélységig haladtunk le csákánymunkával s mindvégig kötörmeléket tártunk föl, amelyek hézagait kevés barna agyag töltötte ki.

A nagy terem déli végén egy 5 m széles folyosó vezet tovább DNy-ra. Ennek eleje kb. 6·75 m-rel van mélyebben a kijáratnál. A folyosó feneke itt gyorsan emelkedik. Ennek oka az a cseppkőképződmény, ami itt nyugatról, a barlang egy kis kiszélesedő zugából lefelé nyomul.

Itten a külszíntől számítva 55–60 m távolságok táján a barlang megint kiszélesedik kissé. Itt kb. 20 m magasán lehet a mennyezet. A kiszélesedett rész nyugati oldalában, a felülről, a mennyezet nyugati zugából gyengén beszivárgó kevés víz elég csinos cseppkőképződményt hozott létre a hosszú idők folyamán. A leszivárgó víz a lejtésirányt követve a nagy terem felé, lefelé irányuló, megszűkülő folyosóba is lerakott meg kevés cseppkövet.

A kiszélesedő üregnek DK-i részét pedig főleg kötörmelék fedi.

Az ezután következő, a 60 m-től a 85 m-ig terjedő barlangszakasz, átlag 10 m széles, fenekét sziklák és kötörmelék fedik. A 65–70 m táján kb. 15 m magas a mennyezet. Ez a járatrész egy szűk kis nyílásban végződik. Ebből az üregrészből mellékjáratok is indulnak. Így DK felé, kb. 15 m hosszúságú melléküreg vonul, amely azután E felé kanyarodik s egy kis nyílással közlekedik a főjárat egy másik kiöblösödésével. (*Második mellékjárat.*) A barlang feneke ezen a tájon mintegy 5 m-rel fekszik mélyebben a bejáratnál. A járat DNy-i végén egy keskeny rés nyílik ÉNy felé, amely az elején még 2 m széles, de lejjebb 5 m-re kb. 0·5 m s odébb még jobban elkeskenyedik. Mellette délnek van egy kis lyuk, amely egy kisebb üregbe nyílik. E melléküreg bejárata tulajdonképpen egy kis odu, amely a barlang talpától kb. 1 m magasságban nyílik, kb. 0·60 m széles s 0·60 m magas és 1·50 m hosszú. A tulsó oldalon állítólag 1·5 m-re meredeken lejt lefelé a sziklaoldal, de ezen alól állítólag vízszintes talapzatú az üreg. Ezt az üreget magam nem vizsgálhattam meg. Az egyik fiatal munkásom, aki ide bebújt, azt állította, hogy a lyukon túl az üreg észak és dél felé kissé kitér. Fenekéről foszfát-tartalmu barlangi agyagot hozott föl. A főjárat végén, a szűk lejárattal előtt hatalmas sziklák vannak fölhalmozódva, amik egykor a mennyezetről váltak le. HORUSITZKY HENRIK szóbeli közlése szerint itt a sziklák alatt ott jártam után történt próbaásatások szintén konstataáltak a foszfáttartalmu agyag jelenlétét.

**II. szakasz.** A második szakasz kezdődik a 87 m-ben lévő szűk lejárattal s végződik a 160 m táján.



A szűk nyílás 0·5 m, kissé lejjebb 0·75 m széles és átlag 1·30 m magas. A nyíláson túl következő keskeny folyosó erősen lefelé halad DK-i irányban. Először egész keskeny, alig 1 m-nyi, de odébb 3—4 m-re kiszélesedik, végül a 105 m-nél 10 m szélességűvé válik. Ezen a tájon megint kb. 8—9 m-rel van a barlangfenék mélyebben a bejáratnál. A 105 m-nyi távolságig a barlangfenék ismét kőtörmelékkel borított.

Az ezután következő barlangjáratrész a 105 m-től a 145 m-ig terjedőleg DDK irányú szakasz, amely átlag 6—7 m széles s átlag 7—8 m mélyen van a bejárat alatt. Ez a folyosórész dél felé vakon végződik, *(negyedik mellékjárat)*, de a 132 m-nél nyugat felé egy nagyobb üreg, a barlangtulajdonképeni folytatása nyílik. A 115 m táján a II. sz. kutatógödörnél egészen 1·5 m-nyire alacsonyodik a mennyezet, kissé délebbre pedig, a 125 m táján már kb. 2·25 m magasságúvá válik.

A DNy felé irányuló barlangrész jelentékeny eséssel vonul lefelé s a 142 m-nél kb. 11 m-rel van mélyebben a bejáratnál. A folyosó átlag 7—8 m széles s a keleti oldalában két kisebb melléküreg nyílik, az *ötödik* és *hatodik mellékjárat*. Az északabbi mellékjárat délnek irányul s kb. 13 m-re követhető, hol egészen elkeskenyedik. Valószínűleg összefügg a délebbivel, amely ÉK-nek irányul s 4·60 m-re követhető. Ez utóbbi lefelé szintén egészen elkeskenyül. Mindkét melléküreg fenékén foszfát-tartalmu agyag van. A 162 m táján azután tágas és magas teremmé szélesedik ki a barlangjárat. Az utóbbi barlangjáratrészetek a 105 m-től foszfát-tartalmu barlangi agyaggal vannak feltöltve. A barlangjáratnak a nyílásától a 110—115 m-nyi távolságban levő részén egy már előzőleg mások által ásott gödröt találtam, amelyet amennyire lehetett, tovább mélyesztettem *(II. számú kutatógödör)*. Itten kb. 2 m-ig hatolhattam le ásással, majd a gödör fenékén egy karót ültettem le, amely könnyen ment le még 1·80 m-nyire, ehben a mélységben azonban egyszerre megakadt, miután kétségkívül a sziklafenekre jutott. A foszfátos agyagban a barlangi medve (*Ursus spelaeus* BLA.) csontjait észleltem. Tehát ebben a folyosórészletben 4 m-nyinek vehetjük a foszfátos agyagkitöltés vastagságát. Tovább délebbre és délnyugatra talán vastagabb is lehet.

*III. szakasz.* A második nagy terem. A külszíntől számítva 160 m hosszúság táján a barlangjárat tágas és magas teremmé szélesedik ki. Ennek a teremnek hosszúsága mintegy 30 m, szélessége változó, (átlag 20 m-re tehető.) A terem mennyezete magas; helyenkint mintegy 20—30 m-re is fölnyúló kürtők irányulnak fölfelé. A terem feneke nagyjában délkelet felé lejt. A fenék a 170 m táján mintegy 14 m-rel, a terem DNy-i végén pedig kb. 15 m-rel lehet a külszín alatt.

A terem foszfát-tartalmu agyaggal van feltöltve, de általában csekély vastagságban. A terem nyugati végén a J-vel jelzett helyen kis gödröt

ásattam, amelyben mindössze csak 70 cm-nyi volt a foszfáttartalmu barlangi agyag, tehát a nyugati részén csak egész csekély mennyiség van jelen. Kelet felé azonban vastagszik. A *III. számú kutatógödört* 2·80 m-nyire ástuk le. A gödör fenekének ÉNy-i részén, ebben a mélységben szálaban álló sziklára, tehát a fenékre jutottunk, míg DK felé a foszfát-tartalmu anyag vastagodni látszott. Az anyag ebben a föltárásban nem egyöntetű. Alul kb. 80 cm-nyi fehérrel tarkázott foszfátos agyag szerepel, fölötte barnás foszfátos agyag következik mintegy 10 cm vastagságban, majd kb. 20 cm-nyi fehéres szürke, fölötte kb. 80 cm-nyi barnás azután újból 10 cm-nyi fehér, majd 30 cm-nyi barnás foszfátos agyag következik, végül legfelül fehérpettyes barna agyag volt észlelhető a felszínig. Innét DK-re a K jelű 75 cm mély próbágödörben szintén foszfátos barlangi agyagot tártam föl.

A nagy terem déli végén van a *IV. számú kutatógödör*. Itt régebben is volt már egy kisebb gödör, amelyet jelentékenyen meghosszabbítottam és kiszélesíttettem, s azután lemélyeszttettem. Ebben a gödörben, melyben a barlang kitöltési anyagát 4 m-nyire tártuk föl, volt látható a barlangkitöltésnek geológiailag legérdekesebb szelvénye. Itt legfölül barnás, foszfátos agyagot észleltem kb. 35 cm vastagságban, amely nagy mennyiségben tartalmazta a barlangi medvének (*Ursus spelaeus* BLB.) csontjait és fogait. Ez alatt 1·20 m vastagságban barnássárga foszfáttartalmu agyag következik, csontok nélkül. Majd 1·50 m-nyi sárga kvarckavicsos homok; alatta 3—4 dm fehéres-szürkés agyag és homok, ez alatt 1·5 dm vastagságban vörhenyes homok, végül legalól kemény, limonitgumós feketés agyagot tártunk föl, amelyen alól nem tudtunk hatolni. Az alsó kavicsos homokrétég típusos patakhordalék; annak a pataknak egykori hordaléka, amely a barlang kivájásában lényeges szerepet játszott, s amely ma, az erózió mélyebbre hatolásával jóval mélyebben, kb. 90 m-nyire a barlang talpa alatt folytatja vajú munkáját.

*IV. szakasz.* A második nagy teremből DK felé egy keskeny folyosó indul, amely DK-nek mintegy 40 m-nyire halad, azután hirtelen könyökszerűleg megtörik s DNy-nak irányul mintegy 50 m-re. Az első szakaszon kb. 6 m széles, a második szakaszon pedig átlag 8 m szélességű a barlangjárat. Ezeknek a járatrészeknek a feneke egész hosszúkon, majdnem vízszintes s kb. 16 m-nyire fekszik a barlang nyílása alatt. Ezeknek a járatoknak fenekét vékonyabb-vastagabb, a fölszínen eléggé laza mészkarbonát takaró vonja be. Ezek a szakaszok kényelmesen járhatók. Egy-két helyen, mint a 200 m táján kevés cseppkőképződmény is észlelhető benne. A DNy-ra irányuló barlangszakasz végén, a 260 m-től a 294 m tájáig jelentékeny és részben igen csinos cseppkőképződ-



mények vannak. A cseppkő a barlang szélességét jelentékenyen összeszűkíti.

A 280 m-től kb. 12 m-nyire délfelé halad a cseppkővel összeszűkített folyosó, majd azután megint NyDNy felé halad, mintegy 90 m hosszúságban, amelyen túl megint kisebb üreggá szélesedik ki. Ez a folyosórész is állandóan keskeny, átlag 5 m szélességű. Feneke, úgy mint az előző folyosórésze, kb. 16 m-nyire van a bejárat alatt; eleinte vízszintesen halad, majd kissé emelkedni kezd. A 340 m táján kb. 14 m-re van a bejárat alatt, a 360 m táján 13 m-re emelkedik, de odébb, a 380 m táján megint mintegy 15 m-re süllyed a fenék. A barlangjárat tenekének felszíne az előzőnek közvetlen folytatásaként eleinte kb. a 175 m-ig részben mészkarbonáttal, részben — mint két kis próbagödör ásása útján meggyőződöttünk — vörhenyes agyaggal, kőtörmelékkel, s kevés kvarckavicssal van föltöltve. A 314 m távolságban mintegy 70 cm-re leásott próbagödörből kőtörmeléken és kvarckavicson kívül a *barlangi medvének* fogai és csontjai is előkerültek. Ezen a tájon a mennyezet mintegy 4—5 m magas. A 320 m tájától kezdve azután a barlangjáratot egész végig a foszfáttartalmu agyag tölti föl. A 345 m-nél DK felé egy kis mellékjárat nyílik, amely előttem ismeretlen hosszúságú (*hetedik mellékjárat*). Itt meglehetősen mennyiségű cseppkő is észlelhető, amely a melléküreg nyílását nagyjából ki is tölti. Mindjárt ennek közelében a 354 m-nél van az általam mélyesztett V. számú *kutatógödör*, amelyet 3·57 m-re mélyítettünk. Itten fölül 3 m-nyi foszfátos barlangi agyagot tártunk föl, amelyben itt-ott a *barlangi medve* csontjai észlelhetők. Alatta kb. 0·5 m vastagságú kőtörmelékes rétegbe jutottunk, amelyben csak csákánymunkával tudtunk nehezen előre haladni. Ez a réteg a *barlangi medve* csontjait valamivel sűrűbben tartalmazza.

V. szakasz. A harmadik terem és függelékei. Az előző szakasz fokozatosan táguló folyosója végül egy tágasabb üreggá válik. Ez az üreg a *harmadik terem* s egyszersmind a barlang főjáratának a vége. Hosszúsága a 390 m-től az üreg végéig, a 425 m-ig 35 m, átlagos szélessége 15 m. Az üreg mennyezete itt megint meglehetősen magas. A fenék megint gyorsan emelkedik; a 400 m táján mintegy 13 m-rel van a bejárat alatt, majd a barlang végénél a 415 m táján mintegy 9 m-rel lehet a bejárat alatt. Itt tehát egy meglehetősen magas domb van a barlangban, amely foszfáttartalmu agyagból áll.

Ezt a barlangrészt a domb tetején mélyesztett VI. számú *kutatógödörrel* tártam föl. Itten már volt egy előzőleg mélyesztett gödör, amelyet tovább ásattam s összesen 3·60 m-nyi foszfáttartalmu barlangi agyag táratott föl. Ekkor a gödör fenekén kézi furóval lefurattam. A furással még 1·85 m-re tudtunk lehaladni, ebben a mélységben ellenálló

kemény anyagra akadtunk, amelybe nem sikerült lehatolni, tehát kétségkívül a fenékhez értünk. A bizonyosság kedvéért, az előző lyuktól 1 m-nyi távolságra újból lefúrtam, nehogy esetleg az agyagban talán izoláltan fekvő, a mennyezetről lehullott kődarab tévútra vezessen, de ugyanolyan mélységben ismét megakadt a fúró. Tehát itt 5'45 m-nyi a laza, porhanyó sárgásbarna foszfáttartalmu barlangi agyag. Az anyag mindvégig egynemű, csak helyenkint találhatók benne fehér, szétporló gumók. Állati csontokat, vagy ősemberi kőeszközöket az egész feltárásban nem észleltem.

A barlang végén DK felé egy mellékág nyulik, amely kb. 12 m hosszú és 6—7 m széles. (*Nyolcadik mellékjárat.*) E mellékjárat nyílása alacsony, úgy hogy egészen lehajolva lehet csak belejutni. A járat belseje is kb. csak 1 m magasságú. Ha ezt a melléküreget is számítjuk, úgy a barlang teljes hosszát 435 m-nek vehetjük. Ebben a melléküregben is foszfáttartalmu barlangi agyag van fölhalmozódva.

A nyolcadik melléküregből még lehatol egy mellékjárat DK felé 10—15 m-re (*kilencedik mellékjárat*) kb. a rétegek dülése mentén mintegy 30—35°-os lejtéssel. Itt is a foszfáttartalmu barlangi agyag van jelen, de közte s a tetőzet között alig  $\frac{1}{3}$ —1 m-nyi köz van, emiatt itt közelebbi vizsgálatot végezni nem lehetett.

**A barlang foszfortartalmu anyaga.** A Csoklovinai barlangra a foszforsavas meszet tartalmazó kitöltési anyaga irányította tulajdonképpen az érdeklődést. Béke időben, amikor a külföldi foszfátok nagy mennyiségben kerültek az országba a műtrágyagyártás céljaira, a barlangi foszfátos agyag alig jöhetett számításba. A világháború következtében azonban a foszfátanyagok behozatala teljesen megszűnt s a műtrágyagyárak nyersanyag nélkül maradtak. A csoklovinai barlangban fölhalmozódott foszfáttartalmu agyag, amely HORVÁTH HENRIK ismertető sorai révén vált szélesebb körben ismeretessé, elég jelentékeny foszfortartalma és elég jelentősnek látszó mennyisége által fölkelte a műszaki körök figyelmét, annak dacára is, hogy a barlang nehezen hozzáférhető, a főbb közlekedési, forgalmi útaktól meglehetősen messze esik s az anyag kibányászása is némi nehézséggel járónak ígérkezik. *A foszfáttartalmu agyag minőségére* nézve a vegyelemzések alapján azt mondhatjuk, hogy ez gyengébb minőségű, miután aránylag kevés foszforsavas meszet tartalmaz. A felszínhez közel a tapasztalat szerint kevesebb, lefelé általában növekszik a foszfáttartalom. Az általam gyűjtött mintákból kettőt megvizsgált Dr. HORVÁTH BÉLA m. kir. geológus vegyész a következő eredménnyel:<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dr. HORVÁTH BÉLA az elemzési adatokat közzétette a „Barlangkutató” IV. kötet, 34. f. 154. old. „A barlangok foszfortartalmu anyagainak” c. értekezésében.



	$P_2O_5$	$Ca_3(PO_4)_2$
Felszín . . . . .	16·14%	35·25%
1·5 m mélységből . . . . .	18·12%	39·68%
EMSZT KÁLMÁN m. k. osztálygeológus-vegyszerész elemzése szerint pedig: <sup>1)</sup>		
I. sz. mintában citromsavban oldható foszforsav . . .	13·28%	
I. " " " " nem " " . . .	10·29%	
Összesen . . .	23·57%	
II. sz. mintában citromsavban oldható foszforsav . . .	10·37%	
" " " " nem " " . . .	8·21%	
Összesen . . .	18·58%	

Ezenkívül megvizsgálta HORVÁTH B. a barlang egyik zugában a 313 m-nél található feketés, kenőcskinézésű anyagot, amit mai denevérguánónak nevezhetünk. Ez igen kevés foszforsavas meszet tartalmaz, nevezetesen:  $P_2O_5 = 1·69\%$ ;  $Ca_3(PO_4)_2 = 3·70\%$ . Legnagyobb része víz.

Meg kell jegyezni, hogy ezek a rendelkezésekre álló elemzések történetesen aránylag nagy mennyiségű foszforsavas meszet tüntetnek föl. EMSZT KÁLMÁN dr. úr szíves szóbeli közlése alapján azonban azt mondhatom, hogy a barlang számos pontjáról vett anyagok elemzéséből átlageredményként tetemesen kevesebb foszforsavas mészt mutatható ki, kb. 12%. Egyébként az anyag minőségéről a rendelkezésre álló nagyszámú vegyi elemzés alapján, továbbá a barlangi agyag fölhasználtságáról HORUSITZKY HENRIK főgeológus úr behatóan fog értekezni; azért ezt a témát én csak futólag érintem.

A foszfáttartalmu barlangi agyag sárgásszürke, vagy barnássárga, néha kissé vörhenyes színű, eléggé könnyű s amíg a barlangi nedvesség benne van, laza szerkezetű, porhanyó anyag. Ha kiszárad, összeállóbbá, keményebbé lesz. Száraz állapotban ujjaink közt szétdörzsölve finom port, sőt liszt finomságú anyagot is nyerünk, de durvább, szét nem morzsolható rész is marad vissza. Hig sósavval megcseppentve úgyszólván egyáltalában nem, vagy csak igen kevéssé, alig észrevehetően pezseg; mészkarbonát tehát — azt mondhatjuk — nincs benne. Ha az anyagot vízben szétiszapoljuk, annak legnagyobb része, mint finom lebegő iszap eltávozik, de kevés durvább anyag visszamarad. A visszamaradó anyagot 30-szoros nagyítású binokularis mikroszkóppal megvizsgáltam s azt tapasztaltam, hogy annak legnagyobb része kvarcsem. A kvarcsemek szögletesek és élesek; aránylag kevésen észlelhető csekély koptatás nyoma. Egy része a kvarcsemeknek víztiszta, üvegszerű,<sup>2)</sup> de legnagyobb részük

<sup>1)</sup> L. HORUSITZKY II. l. c. 718. oldal.

<sup>2)</sup> Ezek valószínűleg egy fiatal harmadkori dácit, vagy riolittufa anyagából származnak.

homályos, át nem látszó, sárgásszinű. Igen kevés muszkovitlemezt és néhány rózsaszínű ásványnak — talán gránátnak — töredékét észleltem még ezenkívül. Végül az iszapos résznek apró, keményen összeálló, konkréciószerű darabkái maradtak még vissza a homokszemekon kívül. Megjegyzem még, hogy a kutatógödrök ásatásánál azt tapasztaltam, hogy a sárgás agyagban sokszor szabálytalan alakú, elszigetelt, jobban szétporló fehérszínű részletek is mutatkoztak, amelyek sokszor egyszintben sorakoztak.

**A foszfáttartalma barlangi agyag eredete (genezise).** A barlangi agyag egyfelől — és pedig nagyobb részben — a barlangnak a felszínre nyíló kürtőin repedésein át a tetőről lekerült lemosott és lehullott agyagnak, másfelől a vele keveredő állati eredetű guánónak együttes fölhalmozódásából keletkezett. A nem messze lévő magasabb kristályospala hegységből a kvarcsemeket is tartalmazó agyagos mállási termék részben a víz, részben a szél útján rájutott egykor a lapos mészkő-platóra. Az agyagos mállási termék, valamint a mészkőnek folytonos oldása következtében visszamaradó agyagos részek, főleg a csapadékvizek útján lesodródtak a kürtőkön s repedéseken át a barlangjáratokba s ott fölhalmozódtak. De ezenkívül hozzájárulhatott ehhez a lejutó anyaghoz még főleg a pleisztocén második felében a levegőből állandóan lehulló por egy része is, ami másutt a lösz keletkezésére adott alkalmat. A hullópor a külszínre nyíló kürtőkön s repedéseken át lassan, de folyton lefelé szállt, vagy lemosódott s hozzájárulhatott a barlangi kitöltés fölépítéséhez. Megjegyzendő, hogy a szóbanforgó foszfátos agyag első rátekintésre hasonlít is némileg a lösz némely fajtáihoz.

Az agyag foszfortartalma pedig azt hiszem, főleg az állati eredetű guánónak az agyaghoz való hozzákeveredése által származott. Ezenkívül pedig a barlangban elpusztult állatok hulláinak rothadása folytán keletkező bomlási termékek s végül az állati csontoknak hozzákeveredése folytán jött létre.

Egyesek azt vélik, hogy a barlangi agyag foszfáttartalma kizárólag az agyagban eltemetett barlangi medvék csontjainak szétporlásából származik. A csontok mindenesetre hozzájárultak az agyag foszfáttartalmának emeléséhez, de szerintem nem származhatik kizárólag ebből. Már azért sem, mert az agyagban ma található ősmedvecsontok úgyszólván egészen épek s nem valószínű, hogy egészen egyforma körülmények között egyes csontok teljesen szétporlódjanak s eltűnjenek, mások meg teljesen épségben megmaradjanak.

**A foszfortartalma agyag mennyiségének** megállapítása végett a barlangot közelítőleg fölmértem. A hosszúság és a szélességek lemérése után kutatógödrökkel a képződmény átlagos vastagságát igyekeztem megállapítani. A vizsgálatokat a „Hungária Mútrágyagyár” részére végezven



az alantabb következő közelítő mennyiség becslést a gyár igazgatóságának engedélyével közlöm. Megjegyzem azonban, hogy az itt közölt becslés az eddigi becslésemmel szemben hozzávetőlegesebb, miután az egyszerűség kedvéért itt csak átlagos szélességeket vettem, holott eredetileg 5 m magasságú trapézokkal számítottam ki a barlang területét. Ezért a két becslés között csekély eltérés van. A tényleg látható és föltárt foszfáttartalmu agyag mennyiségét a következőre becsülhettem:

1. A 105 m-től a negyedik mellékjárat végéig 40 m hossz $\times$ 6 m átlagos szélesség $\times$ 3 m átlagos vastagság . . . . .	720 m <sup>3</sup>
2. A 137 m-től a 162 m-ig terjedő barlangjárat 25 m hossz $\times$ 7 m átl. szél. $\times$ 4 m átl. vastagság . . . . .	700 „
3. A 162 m-től a terem végéig 30 m hossz $\times$ 20 m átl. szél. $\times$ 2,5 m átl. vastagság . . . . .	1500 „
4. Folyosó részlet a 309 m-től a 389 m-ig 80 m hossz $\times$ 5 m átl. szél. $\times$ 3,5 m átl. vastagság . . . . .	1400 „
5. Utolsó terem 36 m hossz $\times$ 13 m átl. szél. $\times$ 5,5 m átl. vast. . . . .	2574 „
6. Nyolcadik mellékjárat 12 m hossz $\times$ 7 m átl. szél. $\times$ 5,5 átl. v. . . . .	462 „
7. Első mellékjárat 10 m hossz $\times$ 4 m átl. szél. $\times$ 2 m átl. v. . . . .	80 „
Összesen . . . . .	7436 m <sup>3</sup>

A barlangban közvetlenül észlelhető tényleges készlet tehát 7436 m<sup>3</sup>-re becsülhető. Egyes helyeken, ahol a barlangüreg jelentékenyebben föltöltődött, az üreg lefelé kétségkívül szélesedik, úgy hogy az alsó részén nagyobb szélességben fekszik a foszfáttartalmu agyag. Ezt számításba véve vegyük 7600 m<sup>3</sup>-nek az összes mennyiséget. Ebből azonban a le nem fejthető, valamint a fejtésnél és szállításnál elvesző részre le kell számítanunk mintegy 100 m<sup>3</sup>-t akkor tehát kerekszámban 7500 m<sup>3</sup>-re becsülhetjük a tényleges készletet. Ha a foszfáttartalmu agyag térfogatsúlyát HORUSITZKY szerint 1,3-nek vesszük, akkor egy köbméter foszfátos agyag 13 q súlyu; tehát a készlet megfelel kerekszámban 1000 vagonnak.

A többi barlangjárat, vagy legalább annak felső része, mint fentebb említettem, kötörmelekkel, vagy cseppkőszerű mészkarbonáttal van föltöltve. Hogy a felső réteg alatt van-e foszfáttartalmu anyag, helyenkint e, vagy mindenütt, az egyelőre kérdéses. Ez az esetleg még föltárandó járatokkal együtt legfőjebb, mint reménybeli mennyiség jöhet számításba. Átlag 2 m vastagságot tételezve föl:

Az első teremben a 45 m-ig 20 m hossz $\times$ 15 m szél. $\times$ 2 m v. . . . .	600 m <sup>3</sup>
A 45 m-től a 83 m-ig 50 m hossz $\times$ 12 m szél. $\times$ 2 m vast. . . . .	1200 „
A második teremtől a 309 m-ig 117 m hossz $\times$ 7 m szél. $\times$ 2 m v. . . . .	1610 „
Összesen . . . . .	3410 m <sup>3</sup>

A még reménybeli mennyiség volna az előbbi, konstataált mennyiségen felül még 3410 m<sup>3</sup>, vagyis kb. 443, kerek számban 400 vaggon. Nézetem szerint itt tehát 1000, legföljebb 1400 vaggon foszfáttartalmu anyagról lehet szó. Külön megbírálás alá esik már most az, hogy ezért a mennyiségért, valamint a környező elég gyér és elég rossz karban levő erdő kihasználása végett érdemes-e kb. 20 km-nyi iparvasutat építeni, ami a kibányászásnak első föltétele. Ezt csakis az illetékes szakörök tudják kellőképen mérlegelni és megbírálni. Hangsúlyoznom kell azonban azt, amit annak idején HORUSITZKY HENRIK is kiemelt s a „Barlangkutató Szakosztály” is magáévá tett. Nevezetesen kívánatos: hogyha a barlang foszfáttartalmu anyagának kibányászása tényleg megkezdődne, a lefejtés közben előkerülő, a tudományra nézve becses tárgyak a tudomány részére okvetlenül megmentessenek. Fölkérjük tehát tisztelettel azt az érdekeltséget, mely esetleg a barlang kitermelését megkezdene, legyen a tudományra is tekintettel; a lefejtés közben esetleg előkerülő épebb gerinces vázrészeket és emberi köeszközöket félretétetni s a hazai tudományos intézeteknek ajándékozni szíveskedjék.

**A barlangban eddig előkerült őszállati maradványok és őseemberi köeszközök.** A barlangban végzett ásatásaim alkalmával a fölszín alatt a II., IV. és V. számú gödörben elég bőven találtam koponya töredékeket, csontokat, fogakat, amelyek mind a *barlangi medve* (*Ursus spelaeus* BLB.) csontjainak és fogainak bizonyultak. Ezenkívül még a 314 m táján alig 0·7 m-re lemélyített kis gödörben is találtam ősmédve csontokat. Nagyobb vastagságú csonttéteggé azonban sehol sem halmozódtak föl a csontok.

ROSKA MÁRTON 1911-ben ásatott a barlangban, s ez alkalommal *palaeolith köeszközöket* sikerült neki találnia. Ásatásainak eredményeit s a talált tárgyakat igen gondosan leírta; ezért a barlangnak prehistoriai szempontjából való méltatását illetőleg az ő munkájára utalok. Annyival is inkább, mivel magam a régészeti tárgyak gyűjtésére időt nem fordíthattam. Csak a teljesség kedvéért említem föl, hogy a talált köeszközök szerinte *vakaró* vagy *vágóeszközök*. Ezek félkörídomúak, és négyzetesek, ékalakúak, rhombikus átmetszetűek, négyzetes formájúak, rhombikusak, ívelt élű és bevölgyelt élű *vakarók* és *pengék*. Talált ezenkívül még *csonteszközöket*, amilyenek dárdahegyek, átfúrt csontok és fogak. ROSKA szerint az eszközök a moustieri és az aurignaci kézművességre vallanak.

Megjegyzem itt még a következőket: A barlang kutatása alkalmával figyelemmel kísértem ugyan azt, hogy előkerül e palaeolith a kihányt anyagból, de miután a gödrökből kihányt anyagot kézzel nem válogattam át, nem sikerült semmit sem lelnem. A benyomásom az, hogy a csoklovinai barlang nem volt olyan alkalmas az emberi megtelepülésre, mint



pl. a bükkhegységi barlangok voltak. Az utóbbiak a bejáratnál szélesek, tágasak, magasak, s ezért eléggé világosak, mintegy kínálkoznak emberi lakhelyül. A csoklovinai barlang kevésbé hozzáférhető, a külvilággal (legalább ma) szűk nyílással közlekedik, tehát eléggé sötét lehetett. Ezeknek következtében azt hiszem, hogy olyan bő zsákmányra, mint a bükkhegységi barlangokban, itt kevésbé lehet kilátás.

## HIVATALOS JELENTÉSEK.

Választmányi ülés 1917 november 10-én.

*Elnök*: BELLA LAJOS.

1. *Elnök* megnyitja az ülést és üdvözli BEKEY IMRE GÁBOR választm. tagot, aki a szakosztály közbenjárására felszabadulva katonai szolgálatától, ismét a barlangkutatás ügyének szentelheti idejét.

LAMBRECHT KÁLMÁN dr. választm. tag üdvözli KADIC OTTOKÁR dr. titkárt abból az alkalomból, hogy megnősült és a budapesti tudományegyetemen a „*Karsztgeologia*“ c szakkörből magántanári minősítést nyert.

2. *Titkár* a következő személyi változásokat jelenti be:

a) A szakosztályba tagul beléptek:

LENGYEL ZOLTÁN dr., ügyvéd, országgyűl. képviselő. Budapest.

ZSIGMONDY DEZSÓ, mérnök. Budapest.

b) A szakosztályból kiléptek:

RUFFINYI JENŐ, bányatanácsos, bányagazgató. Dobsina.

VAJK JÓZSEF, főmérnök. Vajdahunyad.

c) A tagok sorából töröltettek:

BIRÓ LAJOS, a M. N. M. tb. öre. Budapest.

ÓHIDI LÉGMÁN LEÓ, joghallgató. Eger.

d) A tagok közül elhunytak:

LÓRENTHEY IMRE dr. egyetemi tanár. Budapest.

ZSIGMONDY BÉLA mérnök. Budapest.

Elhunyt továbbá HOERNES MÓRIC dr. egyetemi tanár Wienben, aki a szakosztállyal évek óta szoros összeköttetésben állott. Az elhunyt érdemeit BELLA LAJOS elnök a „Barlangkutatás“-ban megjelent nekrológban méltatta.<sup>1)</sup>

e) Az előfizetők sorából kilépett:

HONÉCZY ALADÁR m. kir. posta és távirda segédellenőr. Budapest.

3. *Titkár* jelenti, hogy újabban a következő alapítványok jutottak a szakosztályhoz:

BARANYA VÁRMEGYE KÖZÖNSÉGE. Pécs.  
(100 kor.)

ZÓLYOM VÁRMEGYE KÖZÖNSÉGE. Besztercebánya. (100 kor.)

SÁROS VÁRMEGYE KÖZÖNSÉGE. Eperjes.  
(100 kor.)

BEKEY IMRE GÁBOR min. tisztviselő.  
Budapest. (100 kor.)

<sup>1)</sup> BELLA L.: Hoernes Móric dr. (1852—1917.) Barlangkutatás, V. köf., 93. old. Budapest, 1917.



GEDEON JENŐ földbirtokos. Szín.  
(100 kor.)

GRAF JÓZSEF ékszerész. Brassó  
(200 kor.)

HADIK JÁNOS gróf. közéleti-mi.  
nizster. Budapest. (100 kor.)

HILLEBRAND V. likőrgyára. Sopron.  
(100 kor.)

KOÓS JÓZSEF földbirtokos. Zsarnó.  
(100 kor.)

OKOLICSÁNYI ZOLTÁN dr. ügyvéd.  
Budapest. (100 kor.)

PONGRÁCZ JENŐ földbirtokos. Komjáti.  
(100 kor.)

TEUTSCH GYULA likőrgyáros. Brassó.  
(100 kor.)

4. *Titkár* jelentést tesz a forgó tőke állásáról, mely 1917 november 10-én a következőképpen állott: bevétel: 5416 kor. 56 fill.; kiadás: 4305 kor. 41 f.; maradék: 1111 kor. 15 fill.

*Titkár* ezután folyóügyekről tesz jelentést.

Jegyezte: KADIC OTTOKÁR dr. titkár.

#### Szakülés 1917 november 10-én.

*Elnök*: BELLA LAJOS.

KORMOS TIVADAR dr.: „*Ujabb ásatások a jászói Takács Menyhért-barlangban*“ címen előadást tart.

A m. kir. Földtani Intézet és Takács Menyhért prépost-prelátus úr támogatása lehetővé tették, hogy az 1916-ban biztató eredménnyel megkezdett munka ezidén tovább haladjon. Az újabb ásatás úgy a praehistoricus, mint a pleistocaen rétegekben ezúttal is gazdagon fizetett.

Az előadás folyóiratunk valamelyik jövő évi számában fog napvilágot látni.

Jegyezte: KADIC OTTOKÁR dr. titkár.

#### Választmányi ülés 1917 december 17-én.

*Elnök*: BELLA LAJOS.

*Elnök* a „Barlangkutatás“ szerkesztése körül felmerült vitás kérdések tárgyalását tűzi napirendre. Beható vita után ezek a kérdések teljes tisztázást nyertek.

Jegyezte: LAMBRECHT KÁLMÁN dr. vál. tag.

# BARLANGKUTATÁS

(HÖHLENFORSCHUNG.)

BAND V.

1917.

HEFT 3-4.

## Höhlenstudien.

(Mit 9 Abbildungen im ungarischen Text.)<sup>1)</sup>

Von Dr. EUGEN CHOLNOKY.

Über die Höhlen liegt eine mächtige Literatur vor, trotzdem sind noch nicht alle Fragen, welche die Höhlen im Allgemeinen betreffen geklärt, besonders das Problem des Cyklus der Höhlen ist noch ziemlich unbekannt. Im Nachfolgenden möchte ich auf Grund eigener Studien unser allgemeines Wissen über die Höhlen zusammenfassen und versuchen, die Höhlen in den Rahmen der gesamten Hydrographie einzufügen.

### 1. Die Entwicklung der Höhlen.

Zweifellos sind die Höhlen nicht beständige Bildungen. Das gegenwärtige Bild einer Höhle stellt nur ein Entwicklungsstadium dar, oder wenn die Entwicklung der Höhlen cyklisch ist, eine Phase.

Wenn das Tal, wohin eine Höhle ausmündet, seine Gestalt verändert oder Änderungen an der Oberfläche des Gebirges, worin die Höhle

<sup>1)</sup> Erklärung der Abbildungen:

Figur 1. Arbeit eines Höhlen-Baches mit Mittellauf-Charakter im Innern einer normalen Höhle. Im ung. Text Fig. 1 (S. 140).

Figur 2. Stark verbreiternde Wirkung eines Höhlenbaches mit Mittellauf-Charakter in einem normalen Höhlenraum. Im ung. Text Fig. 2 (S. 141).

Figur 3. Aufschüttung eines Höhlenbaches mit Unterlauf-Charakter in einem verbreiternden Höhlenraum. Im ung. Text Fig. 3 (S. 141).

Figur 4. Höhlenquerschnitte bei verschiedener Tektonik der Schichten. 1. Normales Profil im Falle schräger Klüftung. 2. In wagerechten Schichten von verschiedener Löslichkeit und Härte. 3. In Schichten von verschiedener Löslichkeit und Härte bei schräger Lagerung. 4. In sehr harten wagerecht gelagerten Schichten von gleichmassiger Widerstandskraft. 5. In ebensolchen schrägen Schichten. 6. Unter einer sehr harten Schichte in Schichten von normaler Widerstandsfähigkeit. 7. Verbreitertes Querprofil in harten Schichten, wovon eine besonders hart ist. 8. In schrägen Schichten von verschiedener Widerstandsfähigkeit, entlang einer Verwerfung. 9. An der Berührungsfläche diskordanter Schichtenkomplexe verschiedener Härte entstandener Höhlenraum. Im ung. Text Fig. 6 (S. 145).



liegt, stattfinden, oder aber die klimatischen Verhältnisse der Umgebung sich ändern, muß dadurch auch die Hydrologie der Höhle wesentlich beeinflußt werden.

Wir können einen Höhlenabschnitt vergleichen mit einem offenen Flußtale, dienen doch beide zur Wasserableitung, wenngleich auch wesentliche Unterschiede vorhanden sind.

Der Höhlenbach kann so wie ein offener Fluß *den Charakter eines oberen, mittleren oder unteren Laufstückes haben*. Besitzt er Oberlauf-Charakter, so wird sein Felsenbett fortwährend vertieft und alles Schuttmaterial und Schotter fortgeführt. Nur im Lee grösserer Blöcke, die aber nicht zu den Flußgeschieben gehören, kann sich etwas Schotter ansammeln. Die Höhle wird, so wie eine enge Schlucht vertieft, erleidet aber sonst nicht viel Veränderungen.

Durch den Höhlenbach mit Mittellauf-Charakter wird der Boden der Höhle verbreitert. Das hat aber besondere Folgen. In Fig. 1 stellt die kräftige Linie den ursprünglichen Querschnitt der Höhle dar, der unter der Linie CD befindliche Teil verhält sich so wie ein offenes Tal. Das Tal wird aber hier von einem Gewölbe überdacht. Die Höhe des Gewölbes (m) und seine Spannweite (s) verhalten sich so zu einander, wie dies durch die Kohäsion des betreffenden Kalkes bedingt wird. Der Bach verbreitert nun die Sohle der Höhle auf EF. Die neuen Seitenlehnen können nicht lange in der Lage EC und FD verbleiben. Sie

Figur 5. Entstehung räumlicher Hydrographie in zu Verkarstung weigendem Gestein. Im ung. Text Fig. 7 (S. 147).

Figur 6. Schnitt durch eine Einbruchsdoline, A—B unterirdischer Flußlauf, C beginnender „Aven“, Hauptentwässerungsspalte der Doline, FG Dolinenrand, älterer Einbruch, DE jüngerer Einbruch. Im ung. Text Fig. 8 (S. 148).

Figur 7. Entstehung einer Höhle bei beständiger Erosionsbasis. I Quellenhöhle; D Ponor-Höhle; A Wasserverschlingende Höhle. Die Pfeile deuten die Strömungsrichtung des Karst-Grundwassers an. Im ung. Text Fig. 10 (S. 155).

Figur 8. Höhlen-Entstehung bei sinkender Erosionbasis (Flußeintiefung). Niveau der Festungsterrasse bei Koložsvár. V Niveau der Stadterrasse. A Alluvialer Talboden. 1. Flußbett, Fußschotter. 3. Travertin des Höhlenbaches, 4. Einbruchschutt, 5. Bachhöhle, 6. Stadiale, wenig entwickelte, aufgelassene Höhle, 7. in Entwicklung begriffener Kamin, 8. Durchgebrochener Kamin, 9. Verlassene obere Terrassenhöhle, 10. Den Eingang der oberen Höhle versperrender, durch Travertin cementierter Schutt (Karstbreccie), 11. Kamin im Entwicklungszustand, 12. Ponor-Wasserschlinger, 13. Normale, gewöhnliche Dolinen, 14. Doline, die in Begriff ist sich zu einem Ponor zu entwickeln, 15. Durch Tropfsteinbildungen vollständig ausgefüllte Höhle. Im ung. Text Fig. 12 (S. 163).

Figur 9. Profilskizze der Umgebung der Csoklovinaer Höhle. 1. Große verlassene, wasserschlingende Höhle, 2. Ponor, 3. Cholnoky-Höhle im Niveau der Festungsterrasse, Bach- bez. Quell-Höhle. Im ungar. Text Fig. 13 (S. 166).

stürzen nach bis wieder die frühere Böschung erreicht ist, also bis zur Linie EG und FH. Dadurch wird das Verhältnis zwischen Spannweite und Höhe gestört und das Gestein der Wölbung bricht nach, bis das Verhältnis wiederhergestellt, also der Bogen GH erreicht ist. In dieser Art findet der Vorgang allerdings nur dann statt, wenn die Schulterlinie CD gezwungen ist, in derselben Höhe zu verbleiben. Wenn diese sinken kann, verändert sich der Querschnitt der Höhle auf die in Fig. 2 ange-deutete Weise.

*Höhlen mit diesem verbreiterten Profil* kommen recht häufig vor. Die mächtigen Räume der St. Kanzian Höhle gehören zumeist diesem Typus an. Am breiten Höhlenboden tritt unter dünnem Gerölle überall der anstehende Fels zu Tage.

Von diesem Querschnitt ist das *Profil der aufgefüllten Höhle* leicht zu unterscheiden, denn der Boden wird hier durch eine mächtige Schutthülle überdeckt. Fig. 3. zeigt einen solchen Querschnitt, für den Fall, daß keine Änderung in der Höhe der Schulterlinie CD eintreten mußte. Wenn indessen diese mit Erhöhung des Höhlenbodens ebenfalls anzu-steigen gezwungen ist, wird natürlich wieder das Gewölbe einstürzen.

Die Höhe der Schulterlinie aber wird bedingt durch das obere Niveau des normalen Hochwasserstandes der Höhlengewässer. Wenn die Höhle in die Breite wächst, sinkt natürlich der Spiegel des Hochwassers, denn die gleiche Wassermenge kann dann auch bei geringerer Tiefe abfließen. Bei einer in Auffüllung begriffenen Höhle wird, wenn die Schulterhöhe nicht mehr ausreicht, das Gewölbe durch das Hochwasser angegriffen und es finden so lange Einstürze statt, bis die Schulterhöhe wieder genügend ist.

All diese Vorgänge gehen sehr langsam vor sich. In dem festen Felsgestein stößt die Arbeit des Flusses auf viel grössere Widerstände als dies in dem weicheren Ufermaterial offener Flußläufe der Fall zu sein pflegt. Gewöhnlich wird der Vorgang durch Einflüsse infolge Veränderung der äusseren Verhältnisse unterbrochen.

Regelmässige, normale Querschnitte beobachten wir in der Natur nicht sehr häufig. Der vordere, grosse Gang der Höhle von Rév kann als Typus eines solchen etwas aufgefüllten, aber hauptsächlich verbreiterten, normalen Höhlenprofils aufgefaßt werden. Der Querschnitt wird gewöhnlich durch den nicht senkrechten Verlauf der Sprünge im Gestein, die verschiedene Härte, Löslichkeit und Kohäsion der Gesteinsschichten kompliziert. Höhlen entstehen ohnehin gewöhnlich dort, wo durch irgendwelche Störungen im Gesteinskörper Lücken hervorgerufen wurden, daher beobachtet man in Höhlen gewöhnlich stark gestörte Lagerungsverhältnisse. In Fig. 4 habe ich einige Querschnitte zusammengestellt, deren



Form durch Beschaffenheit und Lagerungsverhältnisse des Gesteines bedingt wird.

Wenn die äusseren Verhältnisse sich nicht ändern, werden die einzelnen Abschnitte einer Höhle sich Stufenweise immer mehr dem Unterlauf-Charakter nähern. Aus dem Oberlauf-Abschnitt wird allmählich ein mittlerer und aus diesem durch rückwärtiges Fortschreiten des Unterlaufstückes ein unterer Abschnitt. Am Grund der Höhle häuft sich Schutt an, den Boden verbreitert sich mehr und mehr und allmählich hören weitere Veränderungen auf. Das Gefälle des Höhlenbaches kann einen Gleichgewichtszustand erreichen und man sollte meinen, daß damit der Zyklus der Höhlenentwicklung abgeschlossen sei. Das ist aber keineswegs der Fall. Durch das Gewölbe und die Seitenwände gelangen zuflüsse von bedeutendem Gefälle in die Höhle, sie befinden sich in einem juvenilen Stadium und ihre Tätigkeit schreitet unerbittlich weiter fort. Das mitgeführte Material dieser Gewässer besteht fast ausschließlich aus gelöstem Kalkstein, der beim Eintreten des Wassers in die Höhle daraus abgesetzt wird. So wird durch die Nebenbäche das Material der Höhlenwölbung angefressen und das Gestein darüber gelockert. Es entstehen an der Oberfläche Einsenkungen (Dolinen.)

Diese haben anfangs nicht so grosse Dimensionen, daß sie bis zum Gewölbe der Höhle herabreichen, aber die Zerstörung schreitet immer weiter fort, schließlich stürzen einzelne Dolinen in die Höhle ein. Einige Zeit lang wird dem Wasser durch die riesige eingestürzte Schuttmasse der Weg verlegt. Aber schließlich gelingt es dem zurückgestauten Höhlenbach dennoch das Material fortzuräumen und am Gewölbe der Höhle befindet sich dann eine klaffende Lücke, wo das Tageslicht eindringt.

In der St. Kanzianer Höhle sehen wir zwei prächtige solche ausgeräumte Einbrüche, aber in den Höhlen des Szamos-Bazár beobachten wir vielleicht noch charakteristischere, leichter übersehbare Fälle kleineren Maßstabes. Die Einstürze mehren sich, schließlich sehen wir an Stelle der Höhle ein offenes Tal, das nur von einzelnen natürlichen Brücken überspannt wird. Dies wird immer breiter und sanftgebüschter und nähert sich schließlich dem Endstadium, der *Senilität*.

Darin besteht also der ungestörte Entwicklungszyklus der Höhlen. Ich stehe im Gegensatz zu SAWICKI<sup>1)</sup>, dessen Theorie auf sehr mangelhaften Beobachtungen und unrichtigen Folgerungen beruht.

In das hydrographische Netz der in ungestörter Entwicklung begriffenen Höhle gehört die ganze darüber und daneben befindliche Gebirgs-

<sup>1)</sup> Dr. L. v. SAWICKI: Beiträge zum geographischen Zyklus im Karste. Geogr. Zeitschr. XV. Jahrgang. 1909. p. 186—281.

masse, woher Wasser in die Höhle sickert oder rinnt. Wir müssen beides von einander scheiden. Sickern nennen wir eine Strömung von Wasser durch so enge Räume, daß diese nach den Gesetzen der Adhäsion und Kapillarität andauernd gefüllt erhalten werden, eine Bewegung nach abwärts kann also nur stattfinden, so lange ein Überdruck vorhanden ist, so lange nämlich der hydrostatische Druck grösser ist, als das kapillare Steigen. Rinnen nennen wir dagegen eine Bewegung in weiteren Ritzen, wobei die Adhäsion verschwindend gering ist im Verhältnis zum Gewicht des Wassers. Ausführlicheres über Verlauf und Folgen dieser Abwärtsbewegung des Wassers findet man in meinem vorläufigen Bericht<sup>1)</sup> ich will hier nur wenig daraus hervorheben. Wenn in einer zufälligen kleinen oberflächlichen Vertiefung etwas mehr Regenwasser zusammenfließt, als sonst, verschlingt die gerade dort vorhandene vertikale Spalte mehr Wasser als die benachbarten, erweitert sich rascher und entwässert die benachbarten Sprünge, wo das Wasser nur langsam mit grosser Reibung und durch Adhäsion verlangsamt abwärts sickert. Die Zirkulation durch die Hauptableitungsrinne wird lebhafter, die Vertikal- und Horizontalspalten erweitern sich, man könnte sagen es entwickelt sich ein räumliches hydrographisches System mit konsequentem Hauptfluß und sub-sequenten Nebenarmen (Fig. 5.)

Nach starken Regengüssen können solche Erweiterungen stattfinden, daß das von vielen Spalten und Ritzen durchsetzte Gestein in sich zusammensinkt. Im Laufe der Zeit machen sich die kleinen Einbrüche an der Oberfläche immer deutlicher bemerkbar und es entsteht eine Doline (Fig. 8.) Wir können sie als *gewöhnliche* oder *Einbruchsdoline* bezeichnen.

Daß die Dolinen auf diese Weise entstehen, kann auf Grund meiner bisherigen Studien als erwiesen gelten. Meiner Auffassung nähert sich auch Cvijić.<sup>2)</sup> Er glaubt, daß durch das Wasser nur unter dem in der Doline gelegenen Schutt eine Höhlung entsteht und daß nur der Schutt einsinkt; aber dann müßten die Dolinen immer trichterförmige Gestalt haben und die Doline dürfte sich nicht mit scharfer Umrandung von der Umgebung abheben. Gegen die Auffassung der Doline als einfacher, durch oberflächliche Erosion ausgewaschener Trichter spricht die ganze Gestalt derselben. In diesem Falle mußte die Doline ringsum von konvexen Böschungen umgrenzt werden, und an der Oberfläche viele, gegen die Doline gerichtete kleine Wasserläufe sichtbar sein. Das Wasser läuft

<sup>1)</sup> Vorläufiger Bericht über meine Karst-Studien. (Földrajzi Közlemények, 1916. XLIV. Bd. 8. Heft.)

<sup>2)</sup> Dr. J. Cvijić: Das Karstphänomen. (Pencks Geographische Abhandlungen, V. Bd. 3. Heft, p. 36).



jedoch nicht an der Oberfläche in die wasserableitenden Spalte der Doline zusammen, sondern unter der Doline im Inneren der Felsen! Die Erosion ist nicht an der Oberfläche tätig, sondern unterirdisch in den vielen tausend kleinen Spalten und Ritzen!<sup>1)</sup>

In Figur 8. wird durch den Buchstaben C die Stelle bezeichnet, wo das Wasser der Doline in die Höhle rinnt. Hier findet die schnellste Bewegung des Wassers statt, bei regnerischem Wetter rinnt es hier reichlich, setzt also keine Tropfsteine an, denn Tropfsteine werden nur vom sickern Wasser gebildet. Die Öffnung wird durch Auslaugung immer mehr erweitert, da können leicht Gewölbe-Stücke locker werden und herausfallen, an Stelle von C also im Gewölbe ein Loch entstehen. Durch fortschreitende Arbeit des Wassers wird dieses Loch immer grösser und streckt sich immer weiter aufwärts, als *ein spezieller Fall der rückwärts wirkenden Erosion*. Diese Tätigkeit wird erleichtert durch das leichte Herausfallen der gelockerten Steine.

Wenn durch diese rückwärts schreitende Erosion dann die Partie erreicht wird, wo bereits infolge der Dolinenbildung ein Nachsinken stattgefunden hat, geht das Nachbrechen noch rascher von statten, die Doline stürzt plötzlich ein und wird zu einem Kamin (französisch „aven“).

Nach Cvijic entstehen die „aven“-s rein durch Lösung, er hält sie für vollständig ausgewaschene Dolinen. Das ist schon deshalb nicht möglich, da wir aus den Karstgebieten Frankreichs zahlreiche in Entwicklung begriffene Kamine kennen, deren nach unten sich immer mehr ausweitende Öffnung wohl bekannt ist, während sie nach oben blind endigen. Alle stehen sicher mit Dolinen in Verbindung, aber die in sich zusammengesunkenen Gesteine der Doline wurden noch nicht erreicht.

Diese Kamine unterscheiden sich also wesentlich von eingestürzten Dolinen. Die eingestürzte Doline ist immer breit und hat einen grossen Durchmesser, ihre Entstellung geht auf die Weise vor sich, daß durch von oben ausgehende Einstürze das Höhlengewölbe erreicht und zerstört wird. Während die Bildung der Kamine von unten nach oben fortschreitet. Dafür spricht folgendes:

1. Die „Aven“-s erweitern sich nach unten fast ausnahmslos und sind oben am engsten.
2. Über dem eigentlichen Kamin ist oft noch das ursprüngliche konkave Dolinenbecken vorhanden, als eine Art Trichter, der sich scharf absetzt von dem nach unten steilwandigen ja sogar überhängenden Kamin.

<sup>1)</sup> Wir müssen auch bemerken, daß die Dolinen sich keineswegs immer über Höhlen befinden, der Verlauf der Höhlen wird an der Oberfläche nicht etwa durch besonders dicht gereihete Dolinen angedeutet.

Durch das von oben einfließende Wasser sind freilich die Dolinenformen oft völlig unkenntlich gemacht worden.

3. Unter dem Kamin finden wir stets einen mächtigen Schutthaufen, der zwar auch viel nachträglich von oben hereingefallenes Material enthält, aber stets auch Material von den Wandungen des Schlotes enthält.

4. Der Unterschied zwischen eingebrochenen Dolinen und Schloten ist so auffallend, daß sie nicht auf gleiche Weise entstanden sein können.

Auch aus Ungarn sind schöne derartige Kamine bekannt. Ein solcher ist vom Bányahegy bei Püspökfürdő von KORMOS beschrieben worden.<sup>1)</sup> Sehr schöne wurden aufgeschlossen und vom Schutt geräumt in der Görömbölyi-Tapolca bei Miskolcz.

## II. Die Entstehung der Höhlen.

Die ungestörte Entwicklung der Höhlen wird durch äussere Umstände gestört. Die wichtigste Rolle spielt dabei das Sinken oder Steigen der Erosionsbasis. Dies kann durch verschiedene Gründe veranlaßt werden. Die Erosionsbasis sinkt, wenn sich der Kalksteinberg hebt oder die Umgebung sinkt, aber auch dann, wenn der Fluß, nach welchem das Kalkhochland entwässert wird, im Einschneiden begriffen ist, wenn er sein Tal eintieft, dadurch sinkt das Wasser im Inneren des Kalksteinhochlandes und sucht einen Ausgang in einem tieferen Niveau. Ein lebhafter Gedankenanstausch über die Karstwässer wurde durch die Hypothese von Grund<sup>2)</sup> angeregt, daß auch im Innern der Karstgebiete sich ebenso wie im anderen wasserdurchlässigem Gestein ständiges Grundwasser befindet. Wenn eine Senkung tektonischen oder andern Ursprungs bis zum Karstgrundwasser herabreicht, entsteht ein beständiger See. Solcher Art sind die beständigen Poljen- und Dolinenseen. Die Oberfläche des Karstwassers hebt und senkt sich entsprechend den Niederschlägen

<sup>1)</sup> Barlangkutató, 1914. II. Bd., 3. Heft.

<sup>2)</sup> Dr. ALFRED GRUND: Die Karsthydrographie (Geogr. Abhandl. VII. Bd. 3. Heft.) und Beiträge zur Morphologie des Dinarischen Gebirges (Geogr. Abh. IX. Bd., 3. Heft.).

PENCK: Über das Karstphänomen, Vortr. der Ver. z. Verbr. naturw. Kenntn. in Wien, 44. Jahrg.

v. KNEBEL: Höhlenkunde (Die Wissenschaft, 15. Heft.).

DANES: Adalekok a karsztűnemenyek ismeretéhez (Földr. Közlemények, 1906. XXXIV. Bd. p. 305.)

GERINGER: Relazione all' in chito consiglio municipale della commissione speciale incaricate di studiare i providimenti d'acqua per la città di Trieste (Triest, 18. 2.).

C. HUGUES: Idrografia sotterranea carsica (Gorizia, 1903.).



wie anderes Grundwasser auch, so können dann periodische Seen wie der Zirknitzer entstehen.

Die Theorie *Grund's* ist eigentlich nicht neu, besonders Ingenieure, welche sich mit der Frage der städtischen Wasserversorgung befaßt haben, nahmen immer als selbstverständlich an, daß das Innere der Kalkgebirge von Wasser erfüllt wird, welches langsam gegen das Meer hin strömt wie jedes andre Grundwasser auch. Der Unterschied ist nur der, daß in gewöhnlichem porösen Gestein (Sand, Schotter) die Poren zwischen den Gesteinskörnchen vom Wasser erfüllt werden, im Kalk nur die Sprünge. Man kann nicht daran zweifeln daß bis zum Ebbe-Niveau jeder Sprung und Hohlraum von Wasser erfüllt wird. Von da gegen das Innere hebt sich der Grundwasserspiegel, ein Ausfließen kann ja nur dann stattfinden, wenn „Gefälle“ vorhanden ist, und zwar ziemlich starkes Gefälle, denn in den Kalksteinspalten muß das Wasser bei seiner Bewegung bedeutende Reibungswiderstände überwinden.

Die auf die Kalkhochflächen gefallen Niederschlagswässer bewegen sich in Rissen und Sprüngen in vertikaler Richtung bis zur Oberfläche des Karstgrundwassers, von hier an dann in hauptsächlich horizontaler Richtung gegen das Meer hin. In der Tat rinnt vom Gewölbe der Höhlen durch jede Ritze Wasser wenn oben auf dem Plateau Regen fällt.

Der Karst stellt, wie wir wissen, eine Rumpffläche dar, von deren Oberfläche besonders viel Flysch abgetragen wurde, ungefähr in der Pliocänzeit fand eine Hebung der Rumpffläche statt und die Verkarstung begann. Die bisherigen oberflächlichen Wasserläufe verschwanden, die Niederschlagswässer eilten bis zum Grundwasserniveau herab und stömten dann langsam gegen das Meer. Natürlich wurden jene Spalten am meisten ausgeweitet, welche schon von vorneherein, das meiste Wasser aufzunehmen fähig waren; bei gleichem Wasseraufnahmevermögen hingegen jene, wo die schnellste Bewegung stattfand. Der schnellsten Bewegung entspricht eine gewisse Böschung der Oberfläche über dem Grundwasser. An solchen Stellen befinden sich die dolinenartigen Ponoren mit ihren Sauglöchern. Im Gegensatz zu den echten Dolinen sind hier immer die Täler der Gewässer zu sehen, deren Wasser in ihnen verschwindet.

In Fig. 7. wird durch die I. Zeichnung das Anfangsstadium der Höhlenbildung dargestellt. Die Niederschlagswässer fließen in einem dichten Netz von Sprüngen gegen das Meer, bei I. tritt das Wasser als Quelle zu Tage. Hier wächst schon vor der Austrittsstelle im Inneren des Felsen seine Geschwindigkeit, da infolge Wegfallens des durch Reibung veranlaßten Rückstaus die Erosion kräftiger wirken kann, es bildet sich also eine Höhlung, aus welcher das Wasser hervorbricht. Oben auf dem

Plateau entstehen bei D und A Ponoren. Bei trockenem Wetter können wir in sie hineinkriechen, der Ponor endigt blind, da das zusammen-gelaufene Wasser sich in den Spalten verliert.

Ein fortgeschritteneres Stadium sehen wir in der 2. Zeichnung. Bei I in der Quellöffnung können wir bei trockener Witterung tief eindringen, sie erscheint als echte Höhle. Seitenwände und Decke sind glatt, da das Wasser zuweilen die ganze Höhle erfüllt. Auch im Ponor D beginnt sich eine Höhle zu entwickeln. Das Vordringen stößt aber bald auf Schwierigkeiten und ist in dem immer enger werdenden Spalt bald ganz unmöglich. Bei dem Punkte A gelangt das meiste Wasser in das Innere, vielleicht dringen hier auch oberflächliche Flußläufe, die aus nicht verkarstetem Gebiet stammen ein, deshalb steigt das Karstgrundwasser hier so hoch. Hier findet die energischste Höhlenbildung statt, besonders wenn hier ein starker Bach das Karstgebiet betritt.

Auf der 3. Zeichnung sind schon verschiedene Höhlen ersichtlich, eine bei I, die Quelhöhle, eine weitere bei D, die Ponorhöhle, die dritte bei A, unter dem Tor des unterirdischen Flußlaufes. Das Eindringen in die Quelhöhle ist schwierig, da das Höhlenwasser an freier Luft stark inkrustierend wirkt und viel Travertin ablagert. Die im Meer dargestellte Schutthalde stammt aus dem Schutt der Höhle und von der Berglehne, die Stücke sind zum Teil durch Kalk verkittet. Der am Gebirgsfuß angehäufte Schutt wird durch das Höhlenwasser zu Kalkbreccie zementiert. Dadurch verlegt sich die Quelle den Ausgang und wird gezwungen unter dem Meeresspiegel hervorzubrechen, im Meerwasser findet natürlich keine Travertinablagerung statt. *Aus diesem Grunde entspringen fast alle Karstquellen des Adria-Ufers unter dem Meeresspiegel!*

Besonders schön ist dies am NE-Ufer der Buccaribucht zu sehen, wo das Wasser an etwa 150 Stellen im Meeresniveau oder darunter hervorsprudelt. Über solchen Stellen besonders in der Gegend von Bakarac sehen wir dann auch dicke Lagen von Kalkbreccie. Die Abspernung kann sich allerdings bei weiterer Entwicklung und vermehrter Wasserführung der Höhle als zu schwach erweisen und die Höhle öffnet sich dann offen zum Meer (Ombla, Buna u. s. w.), aber die Höhlenöffnung hat sich doch unter dem Meeresspiegel entwickelt, gerade wegen der Karstbreccie und dem nachstürzenden durch Travertin zementiertem Schutt. Diese Bedeutung der Karstbreccie ist noch von niemand gewürdigt worden. Die Erklärung der submarinen Karstquellen ist noch von Niemand versucht worden, obwohl sie sehr auffallende Phänomene darstellen und der GRUND-sche Karst-Grundwasser-Mechanismus zu ihrer Erklärung nicht ausreicht.

Die Quelhöhle auf 3. Zeichnung kann also nicht betreten werden,



da die Öffnung verstopft ist, aber wenn wir uns eines künstlichen Weg bahnen, gelangen wir in eine großartige Höhle an das Ufer eines unterirdischen Flusses. Der Fluß erscheint hier von der selbstgeschaffenen Sperre zu einem stillen See aufgestaut. Wenn wir weiter aufwärts gehen, sehen wir Seitenhöhlen einmünden, das Karstwasser rinnt aus Schloten oder bricht als Quelle aus Felsenspalten, allmählich aber wird die Höhle niedriger, das Wasser füllt sie fast ganz, ein weiteres Eindringen ist unmöglich. Sie scheint sich auch in mehrere Arme aufzulösen und von allen Seiten einströmendes Wasser belehrt uns darüber, daß weiter aufwärts noch keine Höhle vorhanden ist, sondern das Wasser nur in Felspalten herabeilt. Der Ponor am Karstplateau bei D ist indessen stattlich gewachsen, auch ein Seitenarm hat sich entwickelt. Bei trockner Witterung können wir uns im rund ausgewaschenen Schlot herablassen, worin wir Kalke wie sie durch Wasserfälle geschaffen werden, erblicken. Am Grunde des Ponors liegt viel Schutt, aber wir können bereits weit aufwärts und abwärts gehen. Während unserer Untersuchungen geht draussen ein Regen nieder. In den Spalten, die sich von A her öffnen, beginnt Wasser in die Höhle zu fließen, aber verwundert bemerken wir, daß das Wasser bald verschwindet und nicht bis zum Ende der Höhle gelangt.

Der Höhlenboden läßt das Wasser wie ein Sieb hindurch, und erst wenn der Berg unter der Höhle sich mit Wasser gefüllt hat, läuft das Wasser auch die Höhle entlang, aber wir können seinen Lauf nicht bis an das Ende folgen denn am unteren Höhlenende verschwindet es in unzugänglichen Spalten.

Solche mittlere Höhlen, welche an beiden Enden blind endigen sind uns mehrere bekannt, man muß natürlich durch einen Kamin in sie hinabsteigen, und wenn kein Ponor oder Aven in sie hinabführt, bleiben sie uns vollständig verborgen.

Die schönste Stelle der in Entwicklung begriffenen Höhle befindet sich oben wo der unterirdische Flußlauf beginnt. Eine solche Höhle in riesiger Ausgabe ist die von St. Kanzian. Die vom Flyschgebirge kommende Reka tritt hier in den Kalkstein ein, unter einer riesigen Wölbung, aber nach einem Weg von 2·5 Km scheint sie in einem stillen See zu endigen, auch die Höhle hört dort auf. Am 23. Dec. 1907 schütteten Vortmann und Timeus<sup>1)</sup> bei St. Kanzian grosse Mengen Lithiumchlorür in das Rekawasser, am 30. und 31. Dec. erschien spektralanalytisch nachweisbares Lithiumchlorür in allen Triester Quellen an einer Uferlinie von 22 km. Das Wasser des Höhlensees teilt sich also in viele Spalten wo es dann infolge der grossen Reibung nur sehr langsam weiterströmt. Die

<sup>1)</sup> Peterm. Mitt. 1908. p. 166—168.

St. Kanzianhöhle kann also nicht, wie man früher dachte, bis zum Meer verfolgt werden. Das bis jetzt bekannte Gebiet umfaßt höchstwahrscheinlich den ganzen bisher entwickelten Höhlen-Abschnitt.

Die 4. Zeichnung stellt die bis ans Ende ausgestaltete Höhle dar. Die Höhle des unterirdischen Laufes, Ponor- und Quelhöhle sind zu einem einzigen durchlaufenden Gebilde verbunden. Schön entwickeln sich die Kamine, aber rings um die Höhle wird noch in zahllosen Spalten Wasser geleitet. Bei niedrigem Wasserstand verschwindet selbst das Wasser des Höhlenbaches in parallelen Spalten. Wie verwickelt die Höhlen im Inneren der Kalksteingebirge verlaufen, sehen wir am besten in Höhlensystemen die ihren Entwicklungsgang überschritten haben und vom Wasser verlassen sind, so z. B. an der Bramabiau-Höhle im französischen Dep. Gard und der kleineren Adelsberger Grotte.

Die Frage, ob bei Ausgestaltung einer Höhle der mechanischen Erosion oder der chemischen Lösung grössere Bedeutung zukommt, ist noch nicht gelöst. In den ganz mit Wasser gefüllten Spalten, wo nur ein sehr langsames Strömen stattfindet, spielt Lösung sicher eine grössere Rolle, während mechanische Erosion mehr in den grösseren Höhlenräumen wirksam ist, die Bedeutung der Erosion scheint mit den Massen des Höhlenraums zu wachsen.

### III. Die Umgestaltung der Höhlen infolge Sinkens der Erosionsbasis.

Die Erosionsbasis der zum Meeresufer sich öffnenden Höhlen wird vom Meeresspiegel gebildet. Der ändert sich nur langsam im Laufe geologischer Zeiträume, infolge der Gebirgsbildung. Die Erosionsbasis der nach Flußtälern geöffneten Höhlen wird durch das Flußnivean dargestellt. Das Flußniveau aber ist in ständiger verhältnismässig rascher Veränderung begriffen, infolge der eintiefenden Tätigkeit des fliessenden Wassers.

Das Einschneiden der Flußtäler vollzieht sich indessen nicht gleichmässig, sondern gewöhnlich stufenweise. Terrassen am Flußlaufe bezeichnen Ruhestadien der Erosion. In den Flußtälern Ungarns sind besonders zwei Terrassen scharf ausgeprägt, die eine liegt etwa 60 m über dem heutigen Flußtal, wir pflegen sie Festungsterrasse zu nennen. Die andre, bedeutend jüngere, etwa 20 m hohe, heissen wir Städteterrasse, weil die meisten unserer Talstädte auf dieser liegen.

Stellen wir uns nun vor, daß in jener Zeit, als der Fluß noch im Niveau der Festungsterrasse floss, sich im benachbarten Kalkhochland eine Höhle entwickelte. Sie entstand jedenfalls auf die im vorigen Kapitel dargestellte Weise. Diese erste Höhle sehen wir auf unserer Figur 8. mit Zahl 9 bezeichnet. Dazu gehören natürlich Dolinen, Ponoren Kamine



u. s. w. Der Fluß beginnt aber aufs neue sein Bett stark einzutiefen, damit sinkt natürlich die Erosionsbasis der Höhle. Der neue Talboden befindet sich bei V. Hier tritt der Fluß abermals in ein Ruhestadium ein und fangt an sein Bett zu verbreitern. Es beginnt sich eine Höhle in dem neuen Niveau zu entwickeln. Das Wasser der oberen Höhle verschwindet in Ritzen und Spalten und sucht den gangbarsten Weg in das tiefere Niveau. Die obere Höhle wird also trocken gelegt und deren Weiterentwicklung gehemmt. Die untere Höhle ist natürlich lange Zeit ungangbar, später wird sie gangbar, kann aber doch nicht in ihrer ganzen Länge passiert werden, besonders ihr oberer Teil ist noch unentwickelt, denn dort ist nur noch wenig Wasser und auch von fremdem Gebiet gelangt kein Bach auf die Karsthochfläche.

Der hier dargestellte Fall kehrt in der Entwicklungsgeschichte unserer heimischen Höhlen am häufigsten wieder. Die meisten unserer Höhlen haben sich auf zwei Horizonten entwickelt. Die eine Höhle liegt im Niveau der Festungsterrassen. Diese ist trocken, reich an Tropfsteinbildungen, der Boden dick von Schutt, Travertin Fledermausguano und von Knochenbreccien erfüllt. Die untere Höhle liegt im Niveau der Städteterrasse, darin fließt noch ein Bach, oder ist derselbe bereits verschwunden und das Karstgrundwasser zusammen mit dem Höhlenwasser in ein tieferes Niveau gewandert. Aber zur Hochwasserzeit spielt der Höhlenbach noch immer eine Rolle.

Ein typisches Beispiel für diesen Fall ist die Csoklovinaer Höhle im Komitate Hunyad. Die prächtige Höhle liegt im Niveau der Festungsterrasse bei den Dörfern Ponorics und Csoklovina. (Fig. 9.) Heute gelangt man durch einen Seitenkamin in das Innere. Die Gestalt der Höhle deutet auf ausserordentlich mächtige Schuttmassen. Die Höhle entwickelte sich, als das Tal noch im Niveau der Festungsterrasse lag. Damals floß ein Bach in der Höhle, und mag unter einem grossen gewölbten Tor, das heute nicht mehr zu sehen und dessen Lage uns unbekannt ist, hervorgetreten sein. Keinesfalls war der Kamin, den wir heute benützen der damalige Ausgang. In der Höhle fanden sich Unmassen pleistozäner Tierknochen, selbst Spuren des diluvialen Urmenschen.<sup>1)</sup>

Als der Bach sein Bett wieder tiefer gelegt hatte, verschwand das Wasser aus der oberen Höhle und der Bach tritt heute in einem 100 m tieferen Niveau unter einem mächtiger Gewölbe hervor. Um die untere,

<sup>1)</sup> Dr. MARTIN RÓSKA: Spuren des diluvialen Urmenschen in der Csoklovinaer Cholnoky-Höhle. (Arbeiten aus der numismatischen und archäologischen Sammlung des Sieb. Nat. Museums, 1912, 2. Heft.). In dieser Arbeit finden wir auch einen Grundriß und Längsschnitt der oberen Höhle.

lebendige Höhlenöffnung ist das Gelände sanfter geböscht, was darauf deutet, daß die Tiefenerosion hier längere Zeit pausierte und genügend Zeit zur Entwicklung der Quelhöhle vorhanden war. Eine genauere Erforschung des Höhleninneren steht noch aus.

Eine ähnliche Lage hat die Oncsásza-Höhle im Tal des Meleg-Szamos, auch diese liegt im Niveau der Festungsterrasse, die untere Höhle ist uns hier nicht bekannt, aber die von den Touristen Szamos-Bazár genannte großartige Klamm des Meleg-Szamos stellt zweifellos eine eingestürzte Höhle dar.

Die Zichy-Höhle von Rév im Tal der Schnellen Körös ist eine typische Quelhöhle im Niveau der Städteterrasse. Der Bach war in dieser Höhle im Begriffe in ein tieferes Niveau zu wandern und verschwand in Spalten des Höhlenbodens, er wurde aber künstlich zurückgestaut und gezwungen in einem Wasserfall den von ihm selbst abgesetzten mächtigen Travertin-Damm zu queren. Im Innern der Höhle beobachten wir starke Tropfsteinbildung, besonders in den oberen verlassenen Höhlenräumen („Mohameds Reich“), denn dort steht die Höhle bereits nicht mehr unter dem Einfluß des Baches. Der grosse Korridor des regelmäßigen Einganges hat etwa eine Länge von 50 m, dann kommen Höhlungen von drei Seiten zusammen, die südliche liegt etwa 20 m höher (Kalvaria) und endigt in ungangbaren Spalten. Die mittlere scheint einen im Anfangsstadium befindlichen „Aven“ darzustellen. Die dritte nördlich Höhle ist mit 110 m die längste, sie teilt sich in zwei Stockwerke, das obere („Mohameds Reich“) liegt ganz trocken, und öffnet sich in zahlreichen Abstürzen zum unteren worin der Bach fließt. Man kann seinem Laufe ein Stückchen aufwärts folgen. Die Höhle verengt sich aber bald stark und verliert sich in Spalten.

Dies Beispiel belehrt uns, daß sich auch Quelhöhlen entwickeln können und zwar von unten aus, in rückwärts fortschreitender Erosion, somit wird die Ansicht GRUND-s hinfällig, daß jede Höhle sich von oben nach unten entwickelt. Die Réver Zichyhöhle ist ganz bestimmt von unten nach oben entstanden.

Das ursprüngliche Stockwerk der Zichy-Höhle welches mit 60 m hohen Terrassen in Zusammenhang stehen muß, ist uns unbekannt.

Im Allgemeinen können wir sagen, daß das Niveau der Höhlen sich entsprechend dem Einschneiden der Flußtäler senkt. Das normale Einschneiden des Höhlenbaches kann nicht Schritt halten mit der Erosion des offenen Flußlaufes, der Boden der Höhle wird hängend, und das Wasser versickert in ein tieferes Niveau. Wenn dann der Fluß in ein Ruhestadium eintritt, kann sich im Niveau des längere Zeit hindurch beständig bleibenden Karstgrundwassers aufs neue eine Höhle entwickeln.



#### IV. Umgestaltung der Höhlen durch Änderung anderer Faktoren.

Von anderen Faktoren wollen wir zunächst diejenigen in Betracht ziehen, durch welche eine Änderung des Karstgrundwasserstandes bewirkt wird.

1. An erster Stelle steht da Wechsel in der Menge der Niederschläge. Geologische Studien lassen es zweifellos erscheinen, daß die Niederschlagsmenge seit der Pliozänzeit an vielen Orten sich verändert hat. In Ungarn hat sie seither sicher zugenommen. Das hatte zweifellos auch eine Hebung des Karstgrundwasserspiegels zur Folge. Demgemäß hätten auch die Höhlen auf ein höheres Niveau zurückkehren müssen. Solche Erscheinungen sind aber schwer nachzuweisen, denn die Senkung der Erosionsbasis infolge Eintiefung der Täler übte eine viel weitgehendere Wirkung aus, neben der die andere verschwand.

2. Viel leichter zu studieren und auch interessanter sind die Erscheinungen die durch Änderungen in der Hydrologie der aus fremdem Gebiet auf die Karstfläche tretender Gewässer veranlaßt werden. Es kann z. B. die Wassermenge des normalen Flusses durch Veränderung der Grösse des Sammelgebietes verändert werden. Wenn der Fluß grösser wird, können die Maße der Ponor- oder Wasserschlinger-Höhle bedeutend vergrößert werden. Ein solcher schuttführender Bach übt eine bedeutende Erosionswirkung aus und an Stelle des einfachen Gewölbes nimmt bald eine mächtig hohe schmale Spalte das Wasser des fremden Baches auf. Ein Beispiel für diesen Fall bildet westlich von Orsova die Höhle, wo der Dubovabach verschwindet, besonders der eine Wasserschlinger erscheint als schmale Spalte von beängstigender Höhe. Hier ist das Niveau der Wassersammelhöhle gesenkt worden allein durch Steigerung der Wassermenge des einströmenden Baches, ohne daß im Niveau der zugehörigen Quellenhöhle im Kazanpaß die geringste Änderung eingetreten wäre. Auch die riesigen Dimensionen der St. Kanzianhöhle, wo die Reka verschwindet, sind auf diese Weise zu erklären.

Das plötzliche Anwachsen der Wassermenge kann eventuell ein übermässiges Wachsen und Einsturz der Höhle zur Folge haben. Der Einbruch der Tordaer Schlucht ist wahrscheinlich auf diese Weise aus einer einstigen Höhle entstanden, Seitenhöhlen lassen erkennen, daß deren Boden lange Zeit in einem höheren Niveau lag.

Wenn der aus fremdem Gebiet kommende Bach seinen Weg nach anderer Richtung nimmt, etwa durch einen anderen Bach abgezapft wird, wird die Wasserschling-Höhle trocken gelegt, der Spiegel des Karstgrundwassers sinkt rasch, und es entsteht eine neue Höhle in einem viel tieferen Niveau.

3. Bedeutende Veränderungen können auch durch Abholzung oder Aufforstung der Kalkhochfläche hervorgerufen werden. Auf waldigem Boden kann das Niederschlagswasser langsamer in den Boden sickern als auf kahlem Grunde, infolge dessen ist der Grundwasserstand im waldigen Karst weniger Schwankungen ausgesetzt als im waldlosen. Das am Waldboden einsickernde Wasser führt sicher auch mehr Kohlensäure mit sich.

Von weiteren umgestaltend wirkenden Faktoren nenne ich noch die Tropfsteinbildung. Durch Stalagtiten, Stalagmiten und Sinterbildung können schließlich ganze Höhlen ausgefüllt werden. In grossen Steinbrüchen in der Nähe von Diósgyőr habe ich Durchschnitte solcher, vollständig von Tropfsteinen ausgefüllter Höhlen gesehen.

Schließlich erwähne ich noch die Erscheinung, auf welche besonders SAWICKI grosses Gewicht legt, nämlich die Verstopfung des Karsthochlandes. Der Kalkstein enthält immer tonige Teilchen, die bei der chemischen Verwitterung zurückbleiben als wasserundurchlässiger Tonboden. SAWICKI nimmt nun an, daß durch Zerstörung des Kalkes diese Tondecke eine solche Mächtigkeit erreicht, daß das Wasser nicht mehr verschwinden kann, sondern oberflächliche Flußsysteme entstehen und das Karstphänomen damit zu Ende ist.

Er irrt aber. Denn wenn sich an der Oberfläche so viel Ton angesammelt hat, daß der Karst ganz davon überdeckt wird, setzt die oberflächliche Denudation ein, die Decke verschwindet bald und die Karstphänomene beginnen wieder; zu dem müssen wir berücksichtigen, daß terra-rossa sich nur dann vermehren kann, wenn der Kalk der Oberfläche gelöst wird.

Sowie der Kalkstein von Ton bedeckt wird, ist also eine weitere Bildung nicht mehr möglich. Die ganze Theorie bewegt sich in einem *circulus vitiosus*. Es ist unmöglich daß die Verkarstung durch das ausschließliche Produkt der Verkarstung selbst beendet wird. Dies ist aber sehr wohl möglich, wenn die terra-rossa anderen Ursprungs ist, zum Beispiel von einem höheren Gebiet auf ein niedrigeres herabgeschwemmt wurde, oder wenn der rote Ton eine subaerische Ablagerung darstellt. Eine Aufspeicherung des roten Tones kann nur in dem Falle stattfinden, wenn die oberflächliche Erosion nur gering ist. So lange das Wasser in den Ritzen des Gesteins verschwindet, giebt es keine oberflächliche Erosion und an windgeschützten Stellen, in Dolinen, Uvalas, Poljen kann sich Terra-rossa anhäufen, aber diese vermag nicht einmal das Nachbrechen der Dolinen zu verhindern.

Durch seinen eigenen Detritus kann ein Karstgebiet nicht verstopft, und in den Karsthöhlen durch diese Ursache keine Veränderung hervorgerufen werden.



### Zusammenfassung.

Nach dem Vorausgegangenen können wir nunmehr die Frage aufwerfen, gibt es für Höhlen irgend eine normale oder abnormale Entwicklung? Welcher Zusammenhang besteht zwischen Entwicklung der Höhlen und der Entwicklung des allgemeinen Karstphänomens?

Im Karstgebiet mit beständiger Erosionsbasis geht die Entwicklung der Höhlen zweifellos in der auf Fig. 7. dargestellten Weise vor sich. *Juvenil* können wir eine Höhle nennen, deren Wasserschlinger und Quelhöhle noch nicht in gangbarer Verbindung stehen. Sowie eine solche Verbindung vorhanden ist, wird die Höhle *reif*. *Senile* Höhlen gibt es eigentlich nicht, da das Endstadium der Höhlenentwicklung das offene Tal ist, alles strebt auf die Erreichung dieses Zustandes hin. Dies ist der normale Entwicklungsgang der Höhlen.

Wenn die Erosionsbasis plötzlich sinkt, die Höhle wasserfrei und von Tropfensteinen überzogen wird, haben wir es mit abnormaler Entwicklung zu tun. So wie ein wasserloses Flußtal von Schutt ausgefüllt wird, wird eine solche Höhle durch das transportierte Material der Karstwässer, den ausgeschiedenen kohlensauren Kalk „ausgeglichen“. Es ist das ein abnormaler Entwicklungsgang.

Über die Karst-Entwicklung kann dasselbe gesagt werden. So lange im Inneren des Karstgebirges sich keine reifen Höhlen befinden, kann der Karst *juvenil* genannt werden. Wenn die Entwässerung auf regelmässige Weise durch reife Höhlen erfolgt, kann auch der Karst *reif* genannt werden. Aber unter *senilem* Karst haben wir dasselbe zu verstehen, wie unter jeden anderen *senilen* Gelände, eine Zertalung durch *senile* Täler. Der Schluß der normalen Entwicklung kann auch hier nur darin bestehen, daß die Gebirgsmasse bis zur Erosionsbasis abgetragen wird.

Aber die Zerstörung geht auf andere Weise vor sich. Ein besonders auffallender Unterschied gegenüber normalen Gebieten besteht in der *Poljen-Bildung*. Heute scheint bereits festzustehen, daß die Karstpoljen verschiedenen Ursprungs sind, größtenteils aber tektonische Einsenkungen. Besonders bezeichnend für diese Gebilde ist die Umgebung von Adelsberg und Zirknitz, denn hier kombinieren sich mächtige tektonische Einsenkungen mit Höhleneinbrüchen und unterirdischen Flußläufen.

Aus diesen Darstellungen geht hervor, daß die Erforschung der Höhlen nicht nur infolge dort gemachter Funde für die Wissenschaft von Bedeutung ist, sondern daß Höhlen auch vom Gesichtspunkt der physikalischen Geographie ein eingehendes Studium verdienen.

## Die Höhle von Csoklovina.

(Mit zwei Abbildungen im ungarischen Text und 1 Kartenbeilage.)<sup>1)</sup>

Von Dr. ZOLTAN SCHRÉTER.

Die Höhle von Csoklovina liegt im Komitat Hunyad, etwa 14·5 Km östlich von Hátszeg in der Gemarkung von Lunkány, genauer in der Nähe der Häusergruppe Csoklovina dieser verstreuten Gemeinde, am Kopfende des Tales von Lunkány.

Die ehemals sozusagen unbekannte Höhle lenkte in letzterer Zeit die Aufmerksamkeit weiterer wissenschaftlicher und technischer Kreise auf sich, da in ihr einerseits Werkzeuge des Urmenschen und Knochen von urweltlichen Tieren gefunden wurden, andererseits aber phosphathaltige Substanzen angehäuft sind.

Im vergangenen Jahre kam ich in die Lage die Höhle von Csoklovina zu untersuchen; mit Hilfe der mir zur Verfügung stehenden Mittel trachtete ich die Menge der phosphathaltigen Substanz nach Möglichkeit genau zu schätzen.

Im weiteren will ich zunächst die geologischen Verhältnisse der Umgebung der Höhle kurz schildern, dann die Entstehungsgeschichte der Höhle besprechen, dann die Höhle detailliert beschreiben, schließlich Daten betreffs des Vorkommens, der wahrscheinlichen Herkunft, der Beschaffenheit und Menge des in der Höhle angehäuften phosphathaltigen Materiales mitteilen.

<sup>1)</sup> Erklärung der Abbildungen (im ungar. Text auf S. 177 bzw. 178):

Figur 1. und 2. Geologische und morphologische Blockdiagramme der Umgebung der Höhle von Csoklovina.

Figur 1. 1. Granit und Gneis, 2. Tithon-Unterneokomkalk, 3. Oberkreidesandstein, T = Rumpffläche (Peneplain) wahrscheinlich im Miozän entstanden. Die Figur stellt den wahrscheinlichen Zustand im Pliozän dar, als sich die Erosion bereits intensiv in die aus Sandstein und Granit-Gneis bestehende Partie der Rumpffläche einzuschneiden begann. Die rückschreitende Erosion erreichte schließlich den Kalkstein.

Figur 3: Heutiges Bild der Umgebung der Höhle von Csoklovina. Cs. = Kolonie Csoklovina, F = die große Karstquelle, B = Höhle. Auf dem Gneis-Granit und dem Oberkreidesandstein gestaltete sich eine junge und teilweise reife Landschaft aus. Die erhalten gebliebene Partie des Kalksteinplateaus bewahrte getreu ihren Charakter als Rumpffläche. Auf dem Gneis und dem Sandstein sind nurmehr Spuren der Rumpffläche erhalten.



**Die geologischen Verhältnisse der Umgebung der Höhle.<sup>1)</sup>** Das Grundgestein des Gebietes ist im Umkreis der Höhle *Granit*. Weiter nördlich herrscht an den Lehnen des Tales von Lunkány und seiner Seitentäler bereits *Gneis* und *Glimmerschiefer* vor. Hierauf folgt *weisser* oder *hellgrauer* Kalkstein, dessen tiefere Partien unzweifelhaft in das obere Tithon gehören (Stramberger Schichten), während die oberen Partien in das untere Neokom von Urgonfazies zu stellen sind. Stellenweise ist die Schichtung deutlich, anderweitig verschwommen. In der Nähe der Höhle fallen die Schichten im allgemeinen unter 40° gegen SE (10°) ein. Außerdem ist der Kalkstein auch stark zerklüftet, was der Entstehung von Höhlen Vorschub leistete. Weiter von der Höhle, in der Umgebung von Oháaponor, Fegyér, Füzesd tritt in weiter Verbreitung Oberkreidesandstein auf. Der gleiche Sandstein findet sich auch in der Umgebung der Kolonie Csoklovina, wo er unmittelbar auf dem Gneis und Granit liegt. Der Sandstein, der nach HALAVÁTS gegen S fällt, grenzt gegen den älteren tithonisch-unterneokomen Kalkstein an einer Verwerfung. An dieser Verwerfungslinie bricht aus dem Kalkstein die Quelle des Tales von Lunkány hervor.

**Die Ausgestaltung der Morphologie des Gebietes.** Am Ende der oberen Kreide hob sich das ganze Gebiet empor und zerbrach an einzelnen Verwerfungen. Im Danien lag das Gebirge bereits trocken und in den entstandenen tieferen Becken häuften sich kontinentale und Süßwassersedimente an. Im Alttertiär lag das Gebiet noch ebenfalls trocken und war einer intensiven Denudation unterworfen. Das große Sztrigyecken wurde sodann von den Meeren des Aquitanien, unteren und oberen Mediterrans, ferner der sarmatischen Stufe überflutet und in dieser Zeit dürfte sich das heutige Plateau auf dem Kalkstein des Gebietes ausgestaltet haben.

Das ursprünglich in beträchtliche Höhen ungleichmäßig aufgetürmte Kalksteingebirge ebnete sich im ersten Teil des Jungtertiärs infolge der Denudation, genauer hauptsächlich infolge der chemischen Korrosion allmählich zu einer nahezu gleichmäßigen Ebene, Rumpffläche (Peneplain) bis zu dem durch die jungtertiären Meere bestimmten Niveau der Erosions-Korrosionsbasis ein. Zugleich gestaltete sich natürlich im selben Niveau auch auf dem Oberkreidesandstein und auf dem Granit und Gneis eine Rumpffläche aus. Das heutige Plateau ist ein Rest dieser einstigen Rumpffläche. Bis an den Rand dieser Rumpffläche dürfte der Strand der damaligen Meere gereicht haben, und die Strandlinien dienten als damalige Erosions- und Korrosionsbasis der Rumpffläche.

<sup>1)</sup> HALAVÁTS: Aufnahmsbericht im Jahresbericht der kgl. ungar. geol. Anst. f. 1897. u. Aufnahmsbericht für 1898.

Am Ende des Jungtertiärs hob sich jedoch unser Gebiet neuerdings, das Meer zog sich zurück, und Erosion und Korrosion setzte mit erneuter Kraft ein. Die Erosion schnitt in den kristallinen Schiefen, dem Granit und dem Kreidesandstein tiefe Gräben, Täler ein, zugleich begann das Niederschlagswasser im Kalkgebiet seine korrosive Tätigkeit. Mit dem Fortschreiten der Denudation wurde ein Teil des Kalksteinplateaus allmählich fortgeschafft, so daß man heute über dem Granit und den kristallinen Schiefen nur noch einen sehr zerrissenen Kalkdeckenrest findet (Figur 1). Auf dem Granit und den kristallinen Schiefen gestalteten sich morphologisch reife Landschaftsformen aus. Das Kalksteinplateau verhält sich der Denudation gegenüber anders. Die Ränder des infolge der rückschreitenden Erosion allmählich an Umfang verlierenden Kalksteinplateaus ragen in steilen Felswänden über das Granitgrundgebirge empor, besonders in der Umgebung der Quelle des Tales von Lunkány und der Höhle türmt sich der Kalkstein in steilen, 250 m hohen Felswänden gen Himmel (Figur 2).

**Die Entstehung der Höhle.** Das auf das Kalksteinplateau niederfallende Niederschlagswasser tiefte nach neuerlichem Einsetzen der Korrosion im oberen Teil des Kalksteines Vertiefungen, Karsttrichter ein, im inneren des Gesteines aber entstanden infolge der lösenden Wirkung des Wassers längs der Klüfte Höhlungen, Höhlengänge in der durch die damalige Erosionsbasis bestimmten Höhe. Mit dem Sinken der Erosionsbasis schnitten sich die Erosionsgräben allmählich tiefer ein und auch im Kalkstein drang die Korrosion immer tiefer und tiefer, wodurch immer tiefer gelegene Höhlengänge entstanden. Die Höhlen, die einst in der durch die Erosionsbasis bestimmten Höhe mündeten, befinden sich heute hoch über den Talsohlen, an den Lehnen der Berge. Eine solche alte, heute von der Korrosion und Erosion bereits vollkommen verlassene Höhle ist auch die Höhle von Csoklovina. Etwa 90 m unter der Höhlenmündung am Kopfe des heutigen Erosionstales mündet die neue Höhle, aus welcher der Bach von Lunkány als mächtige Quelle zutage tritt.

Die eigentliche Höhle von Csoklovina dürfte entschieden bereits im Jungtertiär, gegen Ende desselben, etwa im Pliozän entstanden sein. Infolge des Sinkens der Erosion wurde die obere Höhle im Pliozän trocken gelegt und sie diente pleistozänen Tieren und Menschen als Unterkunft; Knochen von pleistozänen Tieren und Werkzeuge des Menschen sind als Zeugen dieser Periode heute in der Höhle zu finden.

**Der unterirdische Bach des Tales von Lunkány.** Wie erwähnt, tritt 90 m unter der Mündung der Höhle von Csoklovina im Kopfe des Tales von Lunkány die Hauptquelle des Baches als reiche Karst-



quelle aus einer ziemlich geräumigen Höhle hervor. Genetisch hängt diese Höhle mit der oberen Höhle zusammen, da beide ihre Entstehung einem und demselben Wasser verdanken.

Der unterirdische Bach, der die heutigen und einstigen Höhlengänge als Hauptfaktor zustande brachte, stammt, wie dies schon HALAVÁTS beschreibt, aus dem Wasser jener beiden Bäche, die östlich von der Kolonie Ponorics aus kristallinen Schiefen entspringen, auf Kalkgebiet tretend sodann verschwinden, sich unterirdisch vereinigen und heute als Quelle des Baches von Lunkány wieder zutage gelangen. Die Quelle, richtiger der unterirdische Bach tritt eigentlich an jener Verwerfungslinie aus dem Kalkstein, an welcher der Unterkreidekalk und der Oberkreidesandstein einander berühren. Die Höhle der Quelle des Lunkánybaches besitzt eine weite Mündung. Im März 1916 wies die Quelle eine Temperatur von  $7^{\circ}$  C auf. Nach seinem Austritt aus der Höhle fließt der Bach einige Meter weit ziemlich eben, dann eilt er über Schnellen talabwärts. Nach einem Abschnitt von etwa 150 m befindet sich das Wasser unterhalb der Katarakte bereits um etwa 25 m tiefer.

**Beschreibung der Höhle.** Die Höhle mündet an der steilen, aus Tithonkalk bestehenden Wand. Von der Quelle des Lunkánybaches führt heute ein bequemer Serpentinesteig zur Höhlenmündung. Die Höhlenmündung ist eine ungefähr 3 m breite, 3 m lange und 2—3 m hohe nischenförmige Vertiefung, in deren nordöstlicher Wand eine schmale Spalte, der eigentliche Eingang mündet. Von geringeren Abweichungen abgesehen verläuft die Höhle in der Masse des Kalksteines im allgemeinen gegen S. Der Hauptgang ist, in der Medianlinie gemessen, 425 m lang. Der Höhlengänge sind stellenweise ganz eng und niedrig, meist jedoch breit, hie und da erweitern sie sich sogar zu weiten und hohen Sälen. Der heutige Boden der Höhle ist zumeist uneben und liegt durchschnittlich 7—10—16 m unter dem heutigen Eingang. Der Felsgrund der Höhle ist, abgesehen von dem ersten Abschnitt von 20 m, der in den ersten Saal führt, nirgends zu sehen. Die Höhlengänge sind nämlich teilweise mit von der Decke herabgefallenem Trümmerwerk, teilweise mit Tropfstein und einer lockeren Kalkkarbonatschicht, teilweise aber mit phosphathaltigem Höhlenlehm aufgefüllt. Untergeordnet ist in der Höhle auch sandiger Quarzschotter und Quarzsand als Sediment des Baches zu beobachten, der einst durch die Höhle floß und nicht unwesentlich zu der Ausgestaltung der Höhle beitrug. Sand und Schotter fand ich jedoch nur an einem einzigen Punkte, an der Sohle des zweiten Saales am Grunde einer hier ausgehobenen Grube.

Der leichteren Beschreibung halber teile ich die Höhle in fünf Ab-

schnitte die ich auch auf der beigelegten Karte unterschied. Diese Abschnitte behandle ich einzeln.

I. *Abschnitt.* Von der SE-Ecke der Vorhalle geht ein schmaler Gang aus; dieser ist kaum 1 m breit, 10 m lang und erstreckt sich in NE-licher Richtung abwärts. Nach einer scharfen Biegung verläuft er gegen SSE, erweitert sich allmählich und steigt nun nur noch allmählich abwärts. 27 m weit vom Eingang liegt die Sohle etwa 10·5 m tiefer als der Eingang.

Hier erweitert sich der Höhlengang zu einem weiten und hohen Saale; dies ist der *erste Saal*. Die Länge desselben beträgt 20 m, seine Breite schwankt zwischen 10—20 m, der Boden fällt von E gegen W ab. Am W-Rande des Saales mündet eine Seitenhöhle, die sich in etwa 10 m Länge und durchschnittlich 4 m Breite gegen NW erstreckt (*erste Seitenhöhle*). Durch diese dürfte die Höhle einst mit der Außenwelt verbunden gewesen sein. Der Boden des großen Saales ist größtenteils mit Trümmerwerk bedeckt. In der Mitte des Saales ließ ich die Schürfgrube No. I ausheben. Hier drangen wir mit der Krampe bis ungefähr 1 m Tiefe herab und schlossen durchwegs Trümmerwerk auf, welches in wenig braunen Lehm gebettet war.

Am Süden des großen Saales führt ein 5 m breiter Gang weiter gegen SW. Etwa 50—60 m vom Eingang erweitert sich die Höhle wieder ein wenig. Hier dürfte die Decke etwa 20 m hoch sein. Auf der westlichen Seite der Erweiterung brachte das aus der Westecke der Decke herabsickernde Wasser während langer Zeiten hübsche Tropfsteinbildungen zustande. Der südöstliche Teil der Erweiterung ist hauptsächlich mit Trümmerwerk bedeckt.

Der hierauf folgende Abschnitt zwischen 60 und 85 m ist durchschnittlich 10 m breit, der Boden ist mit Felsen und Trümmerwerk bedeckt. Zwischen 65—70 m ist die Decke etwa 15 m hoch. Dieser Abschnitt endet in einer engen Öffnung, es gehen aus ihm auch Seitengänge aus.

II. *Abschnitt.* Der zweite Abschnitt beginnt bei dem engen Abstieg bei Meter 87 und endet bei Meter 160. Die enge Öffnung ist 0·5 m, weiter unten 0·75 m breit und durchschnittlich 1·30 m hoch. Der darauf folgende Gang führt in SE-licher Richtung ziemlich steil nach abwärts. Zunächst ist er ganz schmal, kaum 1 m breit, weiter unten erreicht er jedoch eine Breite von 3—4 m. Bis Meter 105 ist der Boden wieder mit Trümmerwerk bedeckt.

Hierauf folgt zwischen Meter 105 und 145 ein SSE-licher Abschnitt, der durchschnittlich 6—7 m breit ist und ungefähr 7—8 m unter dem Eingang liegt. Diese Partie endet gegen S blind, als eigent-



liche Fortsetzung der Höhle geht von ihr gegen W eine größere Höhlung aus.

Dieser W-lich streichende Höhlenabschnitt fällt ziemlich steil ab. Der Gang ist durchschnittlich 7—8 m breit, an seiner Ostwand münden zwei kleinere Höhlungen, die *Seitengänge* I' und I''. Etwa bei Meter 162 erweitert sich dieser Gang sodann zu einem weiten und hohen Saale (II. Saal). Die letzteren Höhlengangpartien sind von Meter 105 an mit phosphathaltigem Höhlenlehm aufgefüllt. In 110—115 m Entfernung vom Höhleneingang ließ ich eine Grube ausheben (Schürfgrube No. II). Hier drang ich in phosphorhaltigem Ton 3·80 m tief hinab. Es fanden sich in dem Lehm Knochen von *Ursus spelaeus* BLB.

III. *Abschnitt.* Der zweite große Saal. Etwa 160 m vom Eingang erweitert sich die Höhle zu einem geräumigen und hohen Saale. Die Länge dieses Saales beträgt etwa 30 m, seine Breite ist verschieden (im Durchschnitt 20 m). Die Decke ist hoch, stellenweise gibt es bis in 20—30 m Höhe reichende Kamine. Der Boden des Saales fällt im allgemeinen gegen SE ab. Bei Meter 170 dürfte der Boden etwa 14 m, am SW-Ende des Ganges aber etwa 15 m tiefer als der Eingang liegen.

Der Saal ist mit phosphathaltigem Lehm aufgefüllt, jedoch im allgemeinen in geringer Mächtigkeit. Hier hoben wir bis zu 2·80 m Tiefe die Schürfgrube III aus. Im NW-lichen Teil der Grubensohle stießen wir auf anstehenden Fels, also auf Grund, während gegen SE der phosphathaltige Lehm an Mächtigkeit zuzunehmen schien. Am SE-Ende des Saales befindet sich die Schürfgrube IV. Hier fand ich bereits eine künstliche Grube vor, ich ließ dieselbe nur noch tiefer ausheben. In dieser Grube, in welcher wir die Höhlenausfüllung in 4 m Mächtigkeit aushoben, fand sich das interessanteste Profil in der ganzen Höhle. Zu oberst beobachtete ich in 35 cm Mächtigkeit braunen, phosphathaltigen Lehm, der reichlich Zähne und Knochen von *Ursus spelaeus* führte. Darunter folgte in 1·20 m Mächtigkeit braungelber, phosphathaltiger Lehm ohne Knochen. Dann im 1·50 m Mächtigkeit gelber, quarzschotterführender Sand, darunter 3—4 dm mächtiger Sand und Ton, dann 1·5 dm rötlicher Sand und schließlich harter, Limonitknollen führender schwärzlicher Ton; weiter konnten wir nicht mehr dringen. Die untere schotterige Sandschicht ist ein typisches Bachsediment, das Sediment jenes Baches, welcher einen wesentlichen Anteil an der Entstehung der Höhle hatte und der heute viel tiefer etwa 90 m unter der Höhlensohle seine korrodierende Tätigkeit fortsetzt.

IV. *Abschnitt.* Aus dem zweiten großen Saal geht gegen SE ein schmaler Gang aus, der sich etwa 40 m weit gegen SE fortsetzt, dann sich ellenbogenförmig bricht und 50 m weit gegen SW verläuft. Im

ersten Abschnitt ist er etwa 6 m, im zweiten Abschnitt aber ungefähr 8 m breit. Der Boden dieses Höhlenabschnittes ist fast durchwegs horizontal und liegt etwa 16 m tiefer als der Höhleneingang. Der Boden erscheint mit mehr oder weniger mächtigem, an der Oberfläche ziemlich mürben Kalkkarbonat überkrustet. Diese Abschnitte sind bequem gangbar. An ein-zwei Punkten, wie bei Meter 200 sind auch Tropfsteinbildungen zu beobachten. Am Ende des SW-lich verlaufenden Abschnittes, zwischen Meter 260 und 240 finden sich bedeutende und z. T. hübsche Tropfsteinbildungen. Durch dieselben wird die Höhle beträchtlich eingeengt.

Von Meter 280 an zieht ein durch Tropfsteingebilde eingeengter Gang in 12 m Länge gegen S, der sich dann in 90 m Länge gegen W—SW wendet, und sich schließlich zu einer etwas breiteren Höhlung erweitert. Auch dieser Abschnitt ist im allgemeinen schmal, durchschnittlich 5 m breit. Der Boden liegt wie im vorigen Abschnitt 16 m tiefer als der Eingang. Zunächst ist er horizontal, später beginnt er langsam anzusteigen. Auch hier ist der Boden anfangs — ungefähr bis zu Meter 275 — mit Kalkkarbonat und z. T. mit rötlichem Lehm, Trümmerwerk und wenig Quarzsotter aufgefüllt. Von Meter 320 an ist die Höhle sodann bis zu Ende mit phosphathaltigem Lehm ausgefüllt. Bei Meter 345 beginnt ein kleiner Seitengang (*VII. Seitengang*). Hier ist ziemlich viel Tropfstein zu sehen, der den Eingang zu diesem Seitengänge wesentlich verengt. Gleich in der Nähe dieses Einganges befindet sich die *Schürfgrube V*, die 3.57 m tief ist. Hier wurde oben 3 m phosphathaltiger Höhlenlehm, sporadisch mit Höhlenbärenknochen aufgeschlossen, darunter in 0.5 m Mächtigkeit Steintrümmer, mit zahlreicheren Höhlenbärenknochen.

*V. Abschnitt.* Der dritte Saal und seine Fortsätze. Der allmählich breiter werdende Gang des vorigen Abschnittes wird zuletzt zu einer geräumigen Höhlung. Dies ist der dritte Saal und zugleich das Ende des Hauptganges. Seine Länge beträgt von Meter 390 bis zum Ende der Höhle 35 m, er ist im Mittel 15 m breit. Die Decke liegt ziemlich hoch. Der Boden steigt rasch an, bei Meter 415 dürfte er sich 9 m tiefer als der Eingang befinden. Hier befindet sich also in der Höhle ein ziemlich hoher Hügel, der aus phosphathaltigem Lehm besteht.

Diesen Höhlenabschnitt ließ ich durch die *Schürfgrube VI*, am höchsten Punkt des Hügels aufschließen. Hier befand sich bereits von früher her eine Schürfgrube, die ich weiter ausgraben ließ, und es wurde in insgesamt 3.60 m Mächtigkeit phosphathaltiger Höhlenlehm aufgeschlossen. Nun ließ ich an der Sohle der Grube noch mit dem Handbohrer arbeiten, der noch 1.85 m tief eindrang. Tierreste oder menschliche Werkzeuge fanden sich in dem Aufschluß nicht.



Am Ende der Höhle erstreckt sich gegen SE ein Nebenast, der etwa 12 m lang und 6—7 m breit ist (*VIII. Seitengang*). Wenn man auch diesen Seitengang hinzurechnet, beträgt die Länge der Höhle 435 m. Auch in diesem Seitengange ist phosphathaltiger Höhlenlehm aufgehäuft.

Aus dem VIII. Seitengang zweigt gegen SE ein weiterer Seitengang in 10—15 m Länge ab. Derselbe fällt ungefähr der Schichtenneigung folgend unter 30—35° ab (*IX. Seitengang*). Auch hier findet sich phosphathaltiger Höhlenlehm, zwischen Boden und Decke ist jedoch nur  $\frac{1}{2}$ —1 m Raum vorhanden, genauere Untersuchungen konnten daher nicht gemacht werden.

**Das phosphathaltige Material der Höhle.** Zu Friedenszeiten, als ausländische Phosphate zu Bereitung von Kunstdünger in großer Menge aus dem Auslande zur Verfügung stand konnte phosphathaltiger Höhlenlehm praktisch kaum in Rede kommen. Infolge des Weltkrieges blieb jedoch die Phosphateinfuhr gänzlich aus und die Kunstdüngerfabriken blieben ohne Rohmaterial. Das in der Höhle von Csoklovina aufgehäufte phosphathaltige Material erregte, nachdem H. HORUSITZKY darauf aufmerksam gemacht hatte, das Interesse weiter technischer Kreise, obwohl die Höhle ziemlich entlegen, schwer zugänglich ist, und auch die Ausbeutung des Materiales mit gewissen Schwierigkeiten verbunden sein dürfte. Betreffs der Qualität des phosphathaltigen Materiales kann gesagt werden, daß es nach den Analysen ziemlich wenig phosphorsauren Kalk enthält. Nach den bisherigen Erfahrungen nimmt der Phosphatgehalt gegen die Tiefe zu.

Nach mündlichen Mitteilungen des Herrn Chefchemikers Dr. K. EMSZT enthalten die an zahlreichen Punkten der Höhle genommenen Proben durchschnittlich 12% phosphorsauren Kalk.

Der phosphathaltige Höhlenlehm ist gelblich- oder bräunlichgrau, bisweilen etwas rötlich, ziemlich leicht und solange er mit der Höhlenfeuchtigkeit durchtränkt ist, ziemlich mürb. Ausgetrocknet wird er härter. Mit verdünnter Salzsäure braust er sozusagen gar nicht; wenn man das Material in Wasser schlämmt, so entfernt sich der größte Teil desselben als feiner schwebender Schlamm, etwas gröberes Material bleibt jedoch zurück. Letzteres Material besteht größtenteils aus Quarzkörnern. Diese sind eckig, scharf, selten sind Spuren von Abrollung zu beobachten. Auch sehr wenig Muskovitplättchen und Fragmente eines rosenfarbenen Mineralen — vielleicht Granat — nahm ich wahr. Außer Quarzkörnern blieben auch härtere, konkretionsartige Stückchen zurück.

**Ursprung und Menge des phosphathaltigen Höhlenlehmes.** Ich glaube, daß der phosphathaltige Höhlenlehm einesteils aus von der Decke herabgeschwemmten und durch die Schlote und Klüfte von außen herabgefallenem Lehm und Staub, andererseits aber aus Guano besteht.

Der Phosphorgehalt rührt hauptsächlich von dem Guano her, der sich dem Lehm beimengte. Zur Steigerung des Phosphorgehaltes trugen des weiteren auch die tierischen Leichen durch die bei ihrer Verwesung entstehenden Zersetzungsprodukte, ferner die tierischen Knochen selbst bei.

Behufs Feststellung der Menge des phosphathaltigen Materiales vermaß ich die Höhle mit annähernder Genauigkeit. Nach Messung der Höhe und Breite trachtete ich die durchschnittliche Mächtigkeit des phosphathaltigen Materiales festzustellen.

Der unmittelbar feststellbare tatsächliche Vorrat beläuft sich auf 7436 m<sup>3</sup>. An einzelnen Punkten, wo die Höhle beträchtlich aufgefüllt ist, nimmt sie nach unten an Breite unbedingt zu, so daß das phosphathaltige Material in der Tiefe in größerer Breite liegen dürfte. Wenn man dies mit in Rechnung zieht, so kann die Gesamtmenge auf 7600 m<sup>3</sup> geschätzt werden. Hiervon muß jedoch das nicht abbaubare, oder beim Abbau und Transport in Verlust geratende Material, etwa 100 m<sup>3</sup>, in Abzug gebracht werden, so daß sich eine Gesamtmenge von rund 7500 m<sup>3</sup> ergibt. Wenn man das Volumgewicht des phosphathaltigen Lehmes nach HORUSITZKY mit 1·3 berechnet, so wiegt ein m<sup>3</sup> des phosphathaltigen Lehmes 13 q. Der Vorrat entspricht daher rund 1000 Waggonladungen.

Die übrigen Höhlengänge, oder wenigstens deren oberer Teil ist, wie oben erwähnt, mit Trümmerwerk und tropfsteinartigem Kalkkarbonat aufgefüllt. Ob hier unter der oberen Schicht phosphathaltiger Lehm liegt, ob dies überall oder nur stellenweise der Fall ist, das bleibt vor derhand fraglich. Dies kann, samt allenfalls noch aufzuschließenden Seitengängen höchstens als zu erhoffende Menge behandelt werden. Wenn man eine durchschnittliche Mächtigkeit von 2 m annimmt, so würde sich die zu erhoffende Menge ausser der oben ausgewiesenen Menge auf 3410 m<sup>3</sup>, d. i. ungefähr 443, rund 400 Waggonladungen belaufen. Meiner Ansicht nach handelt es sich daher hier um 1000, im besten Fall um 1400 Waggonladungen. Jedenfalls muß hier wieder betont werden, was schon HORUSITZKY betonte, nämlich daß falls hier tatsächlich an die Gewinnung des phosphathaltigen Lehmes geschritten werden sollte, die dabei zutage gelangenden, wissenschaftlich wichtigen Objekte unbedingt geborgen werden müßten.

**Die in der Höhle zutage gelangten Höhlenbärnreste.** Gelegentlich meiner Ausgrabungen in der Höhle fand ich in den Schürfsgruben II, IV und V ziemlich reichlich Knochen und Zähne, durchwegs Reste von *Ursus spelaeus*, dem Höhlenbären. Zu mächtigeren Knochenschichten häuften sich jedoch diese Reste nirgends an. Paläolithische Steingeräte fand ich nirgends.



## AMTLICHE BERICHTE.

### Ausschussitzung am 10. November 1917.

*Vorsitzender:* L. BELLA, Präsident.

1. *Vorsitzender* eröffnet die Sitzung und begrüßt das Ausschußmitglied E. G. BEKEY, der vom Militärdienst enthoben, einen Teil seiner Zeit wieder der Höhlenkunde widmen kann.

K. LAMBRECHT begrüßt den Sekretar O. KADIC anlässlich seiner Habilitation aus dem Fachkreise „Karstgeologie“.

2. *Sekretar* meldet, daß der Fachsektion neuerdings vier neue Mitglieder beigetreten, zwei Mitglieder aber verstorben sind.

Verstorben ist ferner Prof. R. HOERNES in Wien, der mit der Fachsektion seit Jahren in Verbindung stand.

3. *Sekretar* berichtet, daß neuerdings zwölf Foundationen von insgesamt 1.300 K zu Gunsten der Fachsektion gemacht worden sind.

4. *Sekretar* legt sodann einen Ausweis über den Stand des beweglichen Kapitals vor. Die Einnahmen beliefen sich bis zum 10. November 1917 auf 5.416 K 56 h, die Ausgaben auf 4.305 K 41 h, so daß ein Überschuß von 1.111 K 15 h zu verbuchen ist.

5. *Sekretar* schlägt mit Rücksicht auf die allgemeine Teuerung eine Erhöhung der Mitgliedstaxen vor. Nach langer Debatte wird eine Erhöhung der Jahrestaxe von 3 K auf 5 K, der Foundationstaxe von 100 K auf 150 K beschlossen.

6. *Vorsitzender* schlägt sodann vor, den Höhlenkatalog so bald als möglich herauszugeben. H. HORUSITZKY verspricht das Manuskript so bald als möglich fertigzustellen.

### Fachsitzung am 10. November 1917.

*Vorsitzender:* L. BELLA, Präsident.

TH. KORMOS hält einen Vortrag über seine neueren Ausgrabungen in der Takács-Menyhértöhle bei Jászó. Der Vortrag wird in einer der nächsten Nummern der Zeitschrift erscheinen.

### Ausschussitzung am 17. November 1917.

*Vorsitzender:* L. BELLA, Präsident.

Auf der Tagesordnung stehen einige strittige redaktionelle Fragen; nach eingehender Debatte wird eine vollkommene Klärung der Sache erzielt.

